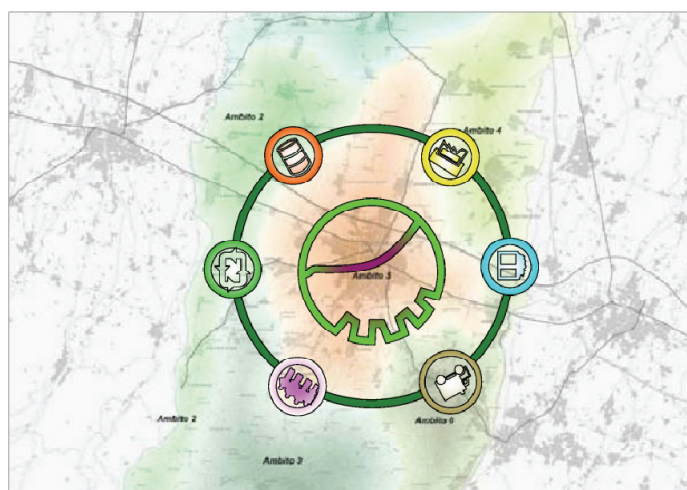




LA PROGETTAZIONE ENERGETICA DEL TERRITORIO, LE AREE ECOLOGICAMENTE ATTREZZATE E GLI EDIFICI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Ing. Alex LAMBRUSCHI



COMMISSIONE

Dr/ Prof. Mauro CORTICELLI
Dr/ Prof. Vincenzo CORRADO
Dr/ Prof. Giulio CROCE
Dr/ Prof. Paolo BAGGIO
Dr/ Prof. Fabio DE FELICE
Dr/ Prof. Giacomo BIZZARRI

REVISORE
REVISORE
COMMISSARIO
COMMISSARIO
COMMISSARIO
SUPERVISORE

Prof. Alfredo SOLDATI

COORDINATORE DEL DOTTORATO

Author's Web Page: www.unife.it/centro/architetturaenergia

Author's e-mail: alex.lambruschi@unife.it

Author' address:

Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Ferrara
Via Ghiara 36
44121 Ferrara – Italia
Tel. +39 0532 293631
Fax. +39 0532 293631
Web: [http:// www.unife.it/centro/architetturaenergia](http://www.unife.it/centro/architetturaenergia)

Contents

Introduzione	1
Prefazione	3
Capitolo 1: definizione della ricerca	
1.1 oggetto del dottorato	7
1.1.1 introduzione	7
1.1.2 il ruolo della pianificazione energetica nel contesto nazionale	8
1.1.3 il ruolo delle città nei consumi energetici del paese	9
1.1.4 il ruolo dell'industria e delle aree industriali	12
1.1.5 Edifici ad elevata dotazione tecnologica nell'ambito dei servizi sanitari alla collettività	12
1.1.6 La pianificazione energetica in Italia: stato dell'arte ed evoluzione	13
1.1.7 Pratica e ricerca estera in riferimento alla progettazione energetica del territorio	14
1.1.8 La pianificazione energetica in Italia	16
1.2 Obiettivi della ricerca	
1.2.1 Audit energetico dei territori	17
1.2.2 identificazione dello stato di efficienza tecnologica impiantistica e di utilizzo delle rinnovabili ed assimilate nel territorio	18
1.2.3 Valutazione delle metodologie di calcolo disponibili	18
1.3 La metodologia della ricerca	

1.3.1 Valutazioni sulla normativa di riferimento e sui provvedimenti legislativi volti alla pianificazione energetica del territorio	19
1.3.2 Selezione del campione di dati per l'analisi energetica della città di Parma	19
1.3.3 Audit energetico delle peculiarità del territorio	20
1.3.4 Selezione degli interventi di miglioramento energetico del Territorio	20
1.3.5 Definizione del modello parametrico da estendere ad altri territori	20
1.4 Risultati attesi	
1.4.1 Definizione degli scenari di miglioramento eneregetico del Territorio	21
1.4.2 Elaborazione di uno o più standard per l'edilizia energeticamente sostenibile	21
1.4.3 Elaborazione di linee guida per le aree produttive ecologicamente Attrezzate	21
1.4.4 Elaborazione di linee guida per la valutazione di audit di edifici Ospedalieri complessi	21
1.5 Normativa tecnica di riferimento	
1.5.1 Legislazione vigente	22
1.6 Manualistica tecnica di riferimento	23
1.7 Riferimenti bibliografici	24

Capitolo 2: La pianificazione energetica del territorio: modello territoriale

2.1 Il cambiamento climatico e gli accordi internazionali sulla riduzione	
---	--

delle emissioni effetto serra	26
2.2 Selezione e reperimento dei casi studio	40
2.3 Il sistema metropoli	43
2.4 Metodologia per la programmazione energetica del territorio-	
Pianificazione energetica e pianificazione territoriale	47
2.5 Impostazione metodologica della pianificazione energetica	49
2.6 Le fasi di analisi	50
2.7 Metodi di analisi e valutazione	51
2.8 Gli indicatori energetici	53
2.9 Conseguenze ambientali della produzione di energia da	
Combustibile	53
2.10 La diffusione dei prodotti di combustione in atmosfera	60
2.11 Azioni per il miglioramento energetico del territorio	69

Capitolo 3: Il caso studio: Il piano energetico di Parma

3.1 Metodologia	84
3.2 Una prima valutazione: approccio tip down	85
3.3 Settore della trasformazione dell'energia	93
3.4 Il settore civile	108
3.5 Il settore industriale	113
3.6 Il settore agricolo	118
3.7 Il settore Trasporti	123
3.8 Il settore Pubblica Amministrazione	127
3.9 Conclusione	132

Capitolo 4: Le aree produttive ecologicamente attrezzate

4.1 Le aree produttive ecologicamente attrezzate: premessa e richiami normativi	141
4.2 Leggi e regolamenti di sviluppo delle APEA nelle varie Regioni	143
4.3 Aree ecologicamente attrezzate in Europa	149
4.4 La progettazione delle aree produttive ecologicamente attrezzate: le problematiche più ricorrenti	149
4.5 La progettazione delle nuove aree ecologicamente attrezzate	151
4.6 Riconversione di aree esistenti in aree produttive ecologicamente Attrezzate	152
4.7 Bilancio energetico in un'area produttiva	152
4.8 Soluzioni “passive” per il risparmio energetico	155
4.9 La progettazione edilizia di elevata qualità energetica	156
4.10 Integrazione Paesaggistica	156

Capitolo 5: Progettazione e diagnosi di edifici a basso impatto ambientale

5.1 Introduzione	158
5.2 Approccio metodologico alla valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici	160
5.3 La certificazione energetica e la determinazione della prestazione standardizzata degli edifici	162
5.4 La diagnosi energetica degli edifici	164
5.5 Il regime di calcolo della prestazione energetica standardizzata degli edifici	166

5.6 Il bilancio energetico previsto dalle norme UNI TS 11300	166
5.7 Analisi della norma UNI TS 11300-1	168
5.8 Energy Audit	190
5.9 Il Green Audit	193
5.10 L'auditor energetico	200
Capitolo 6: Piano di efficientamento degli immobili pubblici	
6.1 Piano di azione nazionale sull'efficienza energetica nel settore pubblico	203
6.2 L'edilizia pubblica di terziario	204
6.3 Diagnosi e valutazione del patrimonio pubblico:	
Il caso studio del Comune di Albinea (RE)	206
6.4 Analisi dei fabbisogni del parco immobiliare e mezzi Pubblici di Parma	243
Capitolo 7: Edifici ospedalieri ad elevata efficienza energetica: il caso studio del polo di ricerca onco-ematologico di Reggio Emilia	
7.1 Introduzione	275
7.2 Normative	281
7.3 Consumi Storici registrati in Italia	289
7.4 Analisi energetica del nuovo polo onco-ematologico di Reggio Emilia	291
Capitolo 8: Conclusioni	303
Bibliografia	321
Appendice	330

Introduzione

La presente tesi di dottorato ha analizzato e studiato i possibili sistemi di analisi energetica del territorio in senso ampio del termine. La pianificazione energetica del territorio non è solo la redazione di un bilancio energetico con metodologia di top down o bottom up (a seconda della disponibilità dei dati), ma è una pianificazione e studio sulle possibilità di sviluppo di un sistema energetico a basso impatto ambientale “sostenibile” rispetto alle caratteristiche del territorio. Lo studio analizza infatti la metodologia per redigere un bilancio energetico e un programma energetico anche con l’analisi del caso studio (Piano Energetico del Comune di Parma), ma analizza e studia varie soluzioni di miglioramento per la riduzione dei fabbisogni energetici finali: edifici a basso consumo, programmi di miglioramento del parco pubblico e edifici ospedalieri sostenibili.

Una serie di azioni che mirano a ricercare modelli di sviluppo che tutelino la qualità attuale della vita senza prevedere il consumo energetico di risorse fossili, ma attraverso una riduzione dei fabbisogni e una forte implementazione dell’utilizzo di energie e tecnologie rinnovabili.

Prefazione

Lo studio presentato in questa tesi di dottorato in tecnologie chimiche ed energetiche, ha lo scopo di valutare l'utilizzo e l'elaborazione di strumenti di pianificazione energetica del territorio, al fine di creare basi scientifiche per uno sviluppo energetico-ambientale più sostenibile per il territorio.

La ricerca è basata su vari aspetti.

Attraverso approcci di studio bottom up e top down si sono analizzate le criticità di reperimento dati, ed in contemporanea si è cercato di elaborare un modello di calcolo riproducibile in diverse zone e ambiti. Al fine di integrare e rendere più precisi e puntuali gli aspetti di pianificazione del territorio, si sono approfondite le tematiche di pianificazione energetico-ambientale delle aree industriali, degli edifici civili e degli edifici pubblici ad elevata dotazione tecnologica ed energetica. (ospedale e centro di ricerca).

Al fine di poter validare il modello matematico e il software oggetto di analisi per la redazione di piani energetici, si sono svolti studi e simulazioni su ambiti territoriali diversificati:

- Si è analizzato il piano energetico della Regione Emilia Romagna sia nella redazione del 2008 che il quella del 2011,
- Si è redatto il piano energetico di una città di medie dimensioni (Parma),
- Si sono realizzate analisi su immobili comunali e nuovi piani particolareggiati,
- Si sono elaborate specifiche azioni in ambito energetico ed ambientale, per supportare le amministrazioni locali nella pianificazione del territorio e nell'individuazione delle best available technology (BAT) per la caratterizzazione delle aree produttive ecologicamente attrezzate (APEA).

Il metodo di studio ha previsto una profonda, accurata e dettagliata fase di audit energetico, atta ad acquisire tutti i dati e le informazioni che premetterebbero l'elaborazione del modello energetico per la pianificazione del territorio, le necessità di sviluppo e caratterizzazione delle nuove aree produttive con l'identificazione delle criticità tecnologiche, energetiche ed ambientali delle varie realtà ed esigenze analizzate.

La valutazione energetica dello stato di fatto e storico dei vari territori, è stata condotta impiegando i diversi metodi di analisi attualmente disponibili, in particolar modo la valutazione dei consumi reali con dati forniti dai vari operatori del settore.

A seconda del settore, specialmente in ambito civile, per l'analisi energetica degli edifici si sono utilizzate e analizzate le principali norme UNI ed europee sulla progettazione e certificazione energetica degli edifici

Su tale ambito è stato possibile iniziare uno studio tecnico energetico ed economico sulle nuove normative europee e sui futuri scenari delle costruzioni, con il modello di "casa ad energia quasi zero" e "casa passiva".

Relativamente alle aree produttive lo studio ha riguardato l'analisi delle esperienze già in essere in Italia e nel resto d'Europa, al fine di elaborare uno scenario di base.

Il supporto dell'amministrazione di Reggio Emilia per la richiesta di fondi europei per l'attuazione di APEA nel territorio comunale, ha permesso di elaborare un modello di possibile sviluppo delle aree produttive, sia di nuovo insediamento che di riqualificazione di quelle esistenti.

Lo studio degli edifici ospedalieri si è soffermato sulla ricerca ed elaborazione di modelli numerici e previsionali per i centri di ricerca, al fine di poter stimare il comportamento energetico complessivo (EPglob) ed analizzare possibili interventi di miglioramento.

Il risultato principale della ricerca è la definizione di "linee guida" e di un modello matematico su supporto informatico, per l'analisi e pianificazione

energetica del territorio ed in particolar modo per le aree produttive ecologicamente attrezzate.

Le analisi e gli scenari permettono alle pubbliche amministrazioni di integrare le scelte della pianificazione territoriale, con aspetti energetici volti a incrementare l'impronta ecologica delle attività umane sul territorio stesso.

1

Primo Capitolo

DEFINIZIONE DELLE RICERCA

1.1 Prefazione: oggetto della tesi di dottorato

La finalità del progetto sviluppato nei tre anni di Dottorato di Ricerca in Tecnologie chimiche ed energetiche, è l'individuazione dell'importanza della pianificazione energetica del territorio unitamente a quella di natura urbanistica.

Dai dati emersi nello studio, la tematica energetica in uno scenario mondiale di crisi energetica ed economica, hanno reso vincente le scelte pianificatorie tradizionali se fatte in accordo con l'analisi delle fonti energetiche disponibili ed insediabili. A seguito dell'analisi svolta si sono potuti relazionare obiettivi di natura energetica con quelli di sostenibilità ambientale, legati alla riduzione delle emissioni di gas effetto serra, unitamente allo sfruttamento delle energie rinnovabili e non in modo compatibile al territorio stesso.

Per condurre tale studio, che ha permesso anche di individuare criteri riproducibili sui vari territori per l'insediamento di aree produttive e lo sviluppo di edifici a ridotto impatto ambientale, è stato necessario un reperimento di dati puntuali, sia di natura energetica che economica ed ambientale al fine di poter creare un sistema di elaborazione degli stessi capace di descrivere i comportamenti energetici del territorio.

Reperendo dati specifici di località circoscritte è stato possibile testare il modello su casi specifici.

L'iter metodologico adottato ha previsto l'adattamento della struttura centrale di valutazione a vari scenari più o meno estesi, modificando solo i dati minori è possibile descrivere ed analizzare energeticamente vari territori e varie destinazioni d'uso.

La ricerca, inoltre, si è spinta ad elaborare modelli energetico-ambientali di sviluppo dei particolari del territorio: le aree industriali, gli edifici (studiando modelli di sviluppo di immobili ad energia quasi zero) e immobili ad elevato tasso di dotazione tecnologica (centri di ricerca ospedalieri)

1.1.1 Introduzione

Nella società contemporanea l'energia è tra i principali motori del processo dinamico di sviluppo economico, ambientale e sociale ed è alla base delle relazioni economiche e politiche che si estendono ad ambiti sempre più vasti. Da quando nel 1973 si è verificata la prima crisi energetica, il sistema mondiale si trova ad operare con scenari sempre diversi un'alternanza tra momenti in cui i limiti dello sviluppo sembrano raggiunti o quasi, a momenti in cui passata l'emergenza, il problema energetico viene accantonato, legato com'è nell'immaginario collettivo ad una associazione quasi automatica di limitazione del progresso tecnologico. All'indomani della prima crisi, il problema più importante da risolvere, sembrò, anche se rimane un aspetto attuale, quello della reperibilità delle risorse convenzionali, che sembravano e sembrano al limite dell'esaurimento. Nel momento in cui il mercato fu in grado di garantire la fornitura di materie prime, il problema energetico diventò un problema economico, specialmente per quelle nazioni che, come la nostra, dipendono quasi esclusivamente dai mercati esteri.

Il risparmio e l'efficienza energetica, intesi come uso razionale delle risorse, si pone in questi ultimi anni, come una vera e propria emergenza ambientale a seguito di una crisi economica, sociale ed energetica molto profonda. Il quadro di riferimento per operare in un contesto simile è molto articolato: la politica energetica coinvolge un gran numero di attori pubblici e privati e richiede, nel momento delle scelte, il supporto di differenti competenze professionali, economisti, sociologi, Energy manager ed esperti di energia, operatori ambientali di gestione impianti e di architetti del territorio.

1.1.2 Il ruolo della pianificazione energetica nel contesto nazionale

Il territorio, o meglio l'ambiente nel suo complesso, subisce modificazioni di grande rilevanza anche in conseguenza della produzione di energia, sia termica che meccanica, non solo per effetto dell'inquinamento ma anche delle implicazioni economiche e sociali che la disponibilità di energia comporta.

L'energia rappresenta una quota significativa dell'economia nel suo complesso per il volume di spesa corrente, di investimenti e per gli aspetti legati agli effetti indotti sull'occupazione, l'ambiente, l'assetto industriale oltre che all'innovazione e alla ricerca.

Il consumo "generico" di energia pro-capite costituisce uno dei parametri che sono utilizzati per valutare il grado di sviluppo del paese. Ultimamente anche a fronte dei cambiamenti climatici e impegni internazionali sulla riduzione dei gas effetto serra, il parametro prima riferito viene implementato anche con la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili ed assimilate.

La limitatezza delle fonti energetiche tradizionali, rende molto complesso il problema dell'approvvigionamento delle materie prime e della loro trasformazione in energia elettrica e termica.

Per far fronte a tali aspetti, in un momento come l'attuale, il cui problema dei limiti delle risorse non è per niente rimosso, anzi la loro "scarsità", acuita da incertezze internazionali, spinge il prezzo dell'energia verso valori molto elevati, una attenta pianificazione energetica del territorio che coniughi le risorse del luogo al risparmio energetico e all'uso di risorse rinnovabili, è l'unica soluzione per garantire all'umanità ed ai territori di continuare a svolgere le attività che li caratterizzano.

Il quadro di riferimento della pianificazione energetica del territorio è molto articolato e racchiude una molteplicità di attori e operatori che permettano uno "sviluppo sostenibile" legato all'analisi dei flussi di energia e materia nelle aree metropolitane, agli impianti di produzione combinata di calore ed energia, al teleriscaldamento, all'utilizzo delle energie rinnovabili ecc.

Risulta quindi importante la pianificazione del territorio partendo dall'insieme (Piano Nazionale) fino al micro-sistema (piano energetico di quartiere), al fine di poter garantire non solo un corretto reperimento delle risorse energetiche necessarie a sostenere i consumi e lo sviluppo; ma anche a controllare le emissioni di inquinanti e gas effetto serra, per tutelare al meglio l'ambiente e la salute umana stessa.

1.1.3 Il ruolo delle città nei consumi energetici del paese

L'Italia non ha rilevanti riserve di energia primaria tradizionale, mentre ha, specialmente negli ultimi anni, una significativa quota di energia prodotta da fonti rinnovabili. Lo Stato Italiano, così come molti stati Europei, vanta una storia e una tradizione urbanistica molto antica, tale da rendere il territorio molto antropizzato.

Analizzare l'ambiente urbano ha significato non solo capire come l'uomo abbia modificato l'ambiente naturale in cui si è insediato, ma anche come la natura inglobata nelle città si sia trasformata per resistere a condizioni artificiali. Un altro aspetto riguarda l'interferenza tra la città e gli ambienti al contorno in quanto l'insediamento dipende dalle risorse naturali circostanti, dagli scambi energetici ed ambientali tra i due sistemi.

Il fenomeno al quale si sta assistendo relativo alla crescita della popolazione globale e di quella urbana, rende necessario sia progettare lo sviluppo energetico, e caratterizzare al meglio i principali punti di consumo e fabbisogno energetico.

Attualmente quasi metà della popolazione mondiale abita nelle città e circa l'80% nelle città europee, inoltre studi dell'ONU prevedono che durante i prossimi anni la popolazione urbana continuerà a salire costantemente.



Figura 1: le metropoli nel mondo (fonte ONU)

Le città, pur interessando porzioni ridotte della superficie terrestre (tra il 2 e il 4%) consuma circa il 75% delle risorse energetiche e dei materiali mondiali producendo un'equivalente quantità di rifiuti [1].

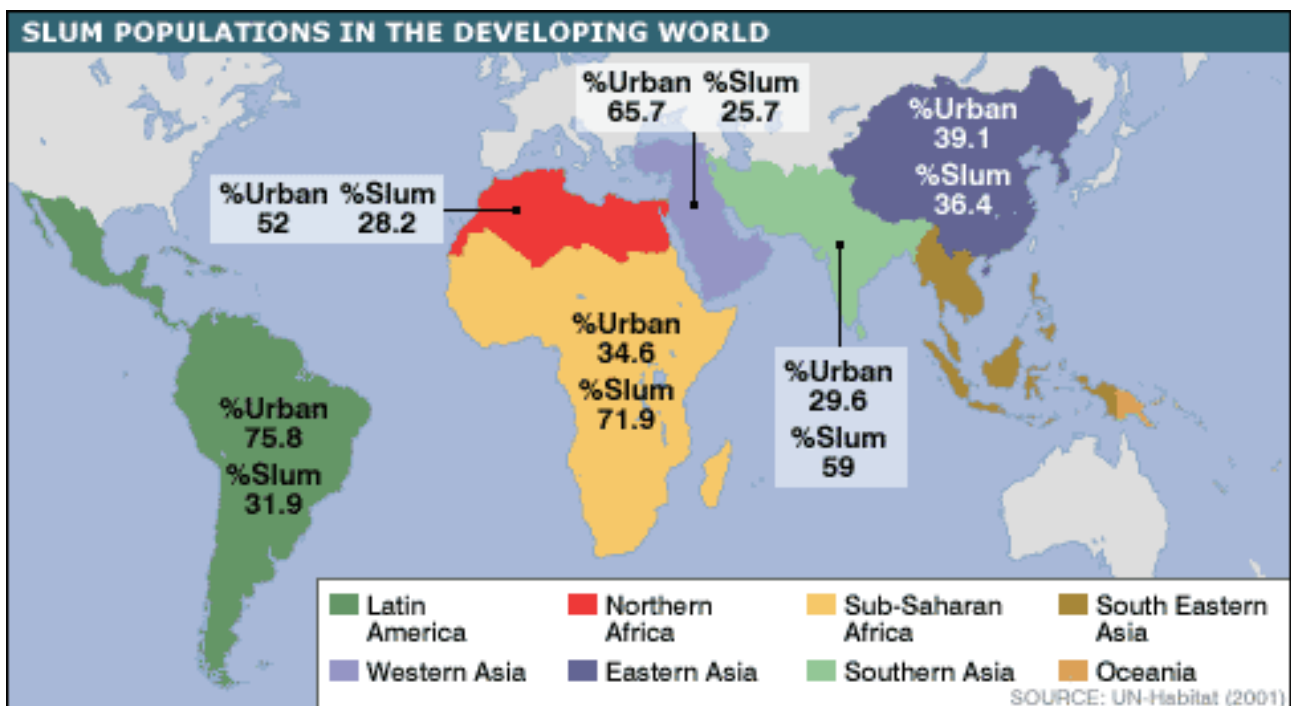


Figura 2: La percentuale di urbanesimo e di slim previsti nei prossimi anni (Fonte ONU-UNEP)

La situazione italiana, come prima affermato, ricalca e conferma lo scenario dei consumi energetici “concentrati” nelle città. I dati rilevati dall’ultimo bilancio energetico nazionale (BEN) del 2009 parlano di un quantitativo imputabile alla gestione del civile (residenziale, terziario, edifici industriali) di oltre 46,37 milioni di TEP ossia il 34,8% del fabbisogno energetico nazionale e di conseguenza delle emissioni di inquinanti e gas climalteranti in atmosfera. La crescente attenzione ai consumi energetici del paese, rinforzata dagli accordi internazionali sia sul cambiamento climatico (Kyoto, Copenagen, Johannesburg) ma anche sull’efficienza energetica (pacchetto 20-20-20 Unione Europea 2005) deriva sia dalla consapevolezza che l’Italia importa l’85,3% del fabbisogno energetico primario nazionale, sia dal fatto che tale fabbisogno dipende da risorse convenzionali che attraverso i processi di combustione producono inquinamento.

Le abitazioni residenziali in Italia, hanno mediamente una dimensione di 85 mq all’interno di edifici per appartamenti. A fronte di 20 milioni di famiglie esistono circa 27 milioni di abitazioni e di queste circa 15,5 milioni hanno consumi energetici per la climatizzazione invernale e produzione di acqua calda. Circa il 65% delle abitazioni esistenti è stata costruita prima dell’emanazione della L 373/76, pertanto hanno fabbisogni energetici elevati nell’ordine di 250 KWh/m² a rendendo pertanto il settore edilizio altamente energivoro.

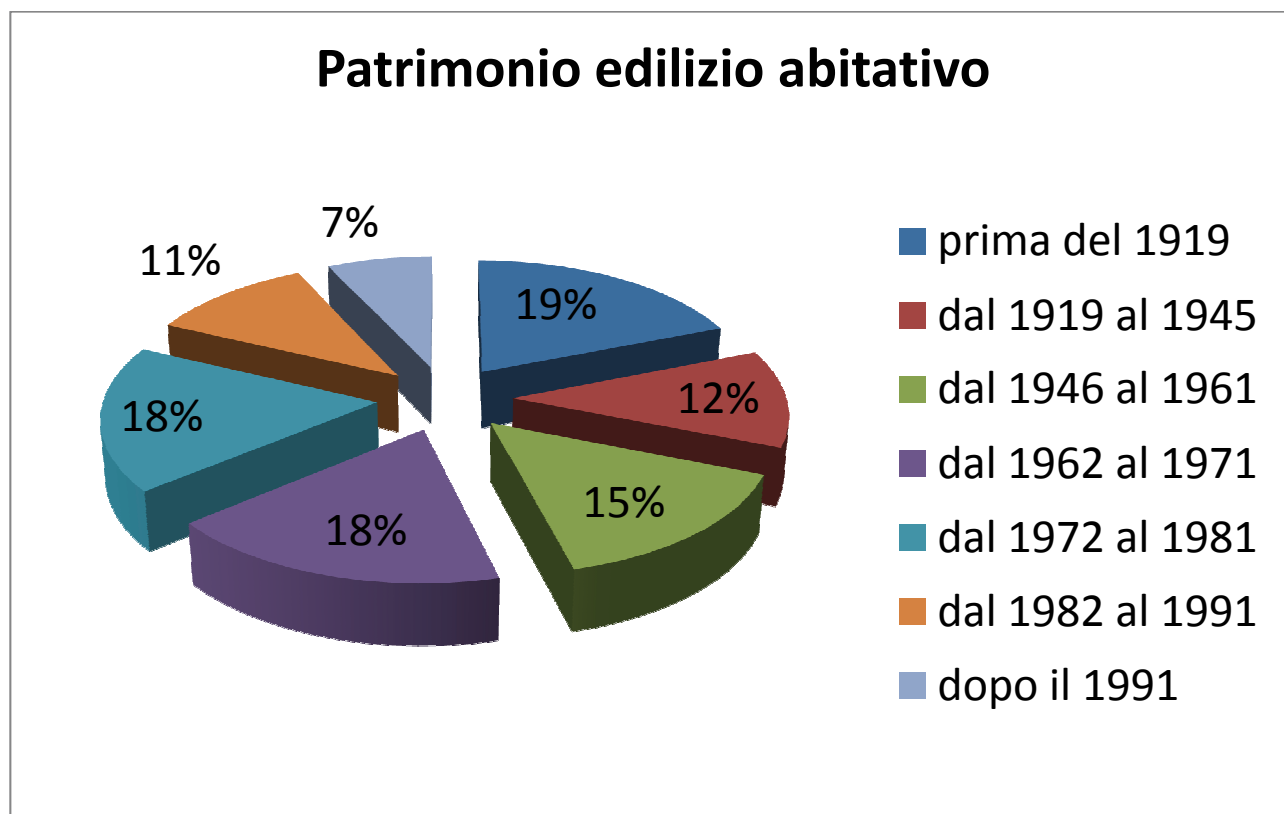


grafico 1: Suddivisione del patrimonio edilizio esistente in Italia (Fonte: Censimento Istat 2001)

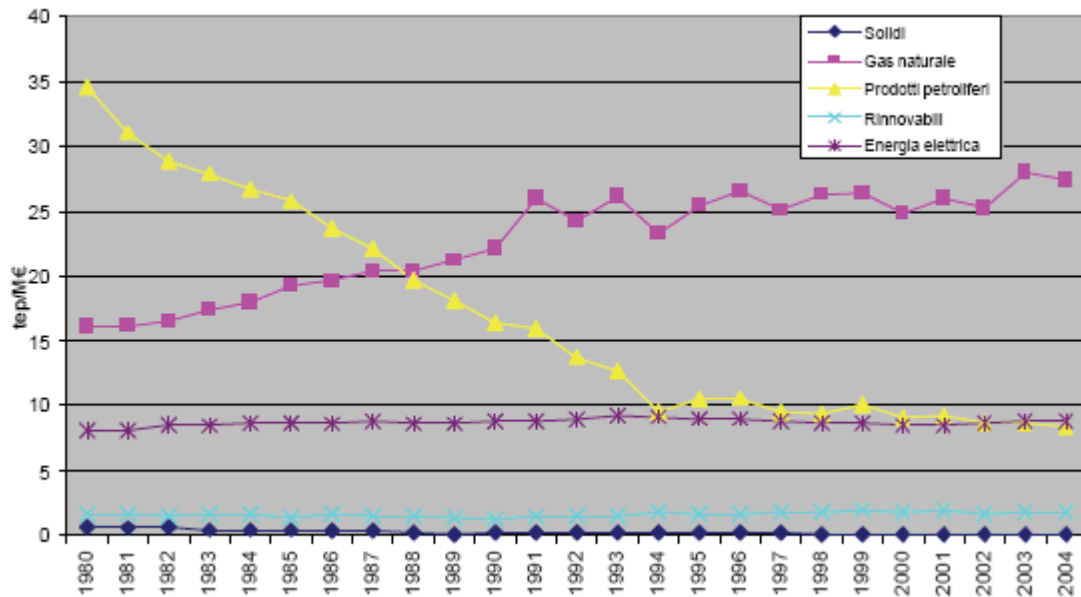


grafico 2: Andamento dei fabbisogni energetici nazionali nel settore residenziale (Fonte: Ministero Sviluppo Economico)

1.1.4 Il ruolo dell'industria e delle aree industriali

Se il settore residenziale/civile rappresenta uno dei principali centri di consumo dell'energia in Italia, il settore industriale con le sue 6.200.000 imprese assorbe il 35% del fabbisogno energetico primario. Si tratta di aziende di piccole e medie dimensioni (PMI) operanti nei vari settori economici.

I prezzi della produzione nei vari settori risentono degli alti costi energetici diminuendo in questo modo anche l'appello del prodotto italiano rispetto a prodotti con costi energetici inferiori per le aziende minori come ad esempio la Francia.

La possibilità di diminuire i costi di produzione abbattendo la voce "energia" grazie alla politica dei "prezzi bassi" del greggio esercitata e condizionata a livello internazionale dalla scelte delle grandi multinazionali, ha avuto un effetto dirompente nella struttura produttiva e sul sistema economico nel suo insieme. Nei primi anni 60 (meglio noti come seconda rivoluzione industriale) si assistette alla rapida sostituzione delle fonti primarie e secondarie tradizionali con derivati dal petrolio, all'aumento della potenza e dell'energia prodotta nelle centrali termoelettriche ad olio combustibile (attualmente ancora in uso) ed al conseguente disinteresse per le fonti energetiche alternative e per la "filiera nucleare" italiana. La fonte primaria di energia nei paesi che non hanno effettuato una pesante opzione nucleare (come la Francia) diventano in primis il petrolio ed i suoi derivati ed in seguito il metano.

Il tema delle aree produttive ecologicamente attrezzate (APEA) introdotto in Italia nel 1998 dal decreto Bassanini (D.Lgs n. 112 del 31.03.98) rappresenta un tentativo normativo di modificare le caratteristiche e gli aspetti energetico ambientali delle aree produttive.

La normativa e lo stato dell'arte, seppur molto ridotto, permettono di descrivere le APEA come aree pianificate dal punto di vista dei servizi, dell'energia e delle dotazioni ambientali, mitigando impatti, caratterizzando le dotazioni di energia preferibilmente a "km zero".

1.1.5 Edifici ad elevata dotazione tecnologica nell'ambito dei servizi sanitari alla collettività

Tra gli edifici ospedalieri insediati sul territorio italiano, sebbene rappresentino una quantità ridotta, emergono per fabbisogni energetici gli edifici ospedalieri. Gli elevati costi dell'energia e la crisi economica hanno da sempre, anche se oggi è quanto mai attuale e necessario, imposto la necessità di implementare l'efficienza energetica degli ospedali esistenti o mantenere nel tempo gli elevati/alti livelli di efficienza energetica raggiunti negli ospedali di nuova costruzione. Costi energetici ancora maggiori si hanno quando la struttura ospedaliera, intesa come edificio, diventerà o è un centro di ricerca e sperimentazione in ambito sanitario. La dotazione di macchinari, sistemi di controllo e di ricerca spingono i consumi di gestione, non imputabili alla climatizzazione, a livelli di consumo di energia elettrica molto elevati modificando in maniera considerevole la bilancia energetica di un territorio.

I maggiori consumi sono da ricercare nell'energia utilizzata per i macchinari, ma anche quella che permette un idoneo ricambio d'aria nei vari ambienti. La manutenzione degli impianti HVAC risponde sicuramente al principio di far operare costantemente gli impianti in modo da realizzare condizioni micro-climatiche interne accettabili, affidabili e rispondenti alle normative vigenti.

Importante risulta inoltre individuare i maggiori centri di spesa energetica ed intervenire per dotare il complesso stesso di uno o più sistemi per le energie rinnovabili al fine di produrre energia a basso impatto inquinante.

1.1.6 La pianificazione energetica in Italia: stato dell'arte e dell'evoluzione

il dibattito sull'energia, per la vastità e la complessità dei fattori tecnici, sociali, economici, ambientali e politici chiamati in causa, rischia di consolidare due linee di tendenza opposta ugualmente pericolose e dannose:

- una consiste nel rifugiarsi tra i massimi sistemi nella convinzione che occorra cambiare tutto perché tutto non resti immutato,
- l'altra di chi risolve le difficoltà mettendole da parte.

I mezzi disponibili per affrontare il problema energetico possono essere suddivisi in:

- modifica dei livelli dei consumi attuali quale reazione “naturale” all'aumento dei prezzi dei combustibili o la consapevolezza del rischio ecologico che la produzione di energia comporta.
- Razionamenti coercitivi sulla base di quanto prima riportato.
- Imposizione di un nuovo modello di sviluppo poco dissipatore di energia aumentando l'efficienza degli usi finali.
- Ricerca di fonti energetiche alternative sicuramente rinnovabili (o assimilate) e meno inquinanti

Il piano energetico nazionale (PEN) che vede la sua prima stesura nel 1977, è stato approvato dal parlamento nel 1981 e ha subito numerosi aggiornamenti fino a quello radicale conseguente alla conferenza sull'Energia del 1986, in cui ha tentato di adottare alcune strategie prima esposte.

L'obiettivo principale del PEN era quello di individuare i termini, le modalità e le azioni per assicurare nel breve e nel lungo termine l'energia necessaria a sostenere la crescita economica, industriale e civile, al minor costo possibile e con la massima sicurezza perseguibile.

Da tale obiettivo derivano le seguenti necessità:

- Riduzione del grado di dipendenza del petrolio;
- Massima diversificazione delle fonti energetiche primarie ed ampliamento del numero dei paesi e di aree di approvvigionamento;
- Adozione di una forte politica di risparmio energetico e di uso razionale dell'energia;
- Promozione e sviluppo di tutte le fonti energetiche nazionali;
- Incentivazione di una politica industriale basata sugli investimenti nel settore energetico come occasione di sviluppo tecnologico e di innovazione.

Nonostante le previsioni del PEN fossero molto ambiziose ma realizzabili, i risultati non furono certamente allineati alle aspettative:

- a) La dipendenza energetica da "fonti straniere" nel periodo che intercorre tra il 1975 e il 1994 crebbe,
- b) I consumi di energia elettrica sono passati da circa 126 milioni di Kwh del 1973 ai 237 del 1994

L'intensità energetica, cioè il rapporto tra il fabbisogno di fonti di energia primaria (al netto dei bunkeraggi) pari a circa 75,3 tep per miliardo di lire del PIL è diminuita dall'inizio degli anni 70 agli anni 90 del 25%.

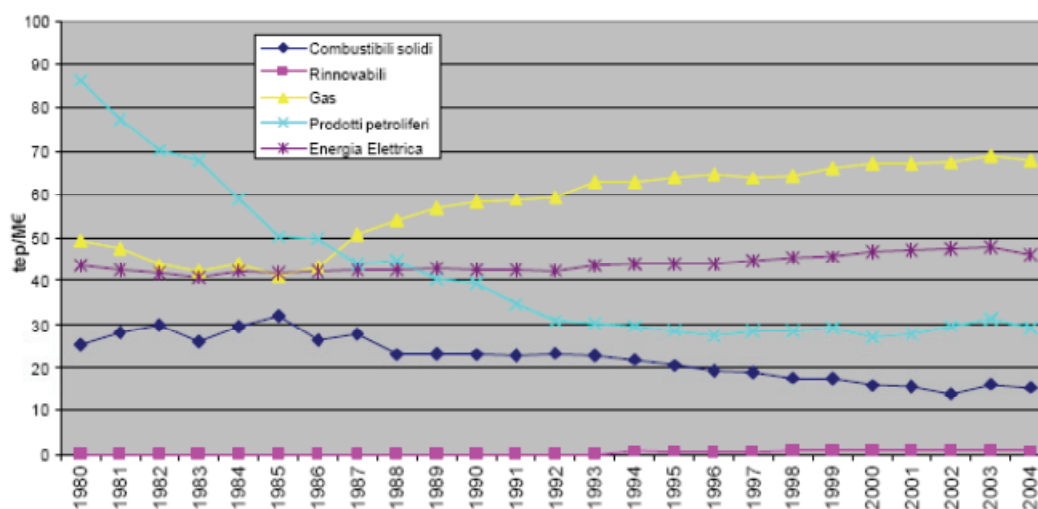


grafico 3: Evoluzione dei consumi energetici in Italia dal 1980 al 2004 (fonte: Ministero Sviluppo Economico)

I risultati più favorevoli della politica energetica del PEN 1976 sono stati ottenuti nel settore industriale con l'innovazione e la razionalizzazione dei processi produttivi.

La diversificazione delle fonti energetiche è stata in Italia maggiore rispetto a quella attuata dagli altri paesi dell'Europa.

Il petrolio che copriva nel 1973 il 74% del fabbisogno totale è sceso nel 1994 a circa il 56% attraverso la sostituzione con il gas naturale. Purtroppo l'Italia rimase, con il Giappone, tra i paesi industrializzati con una maggiore dipendenza dall'estero. Con la crisi energetica degli anni 90 il PEN è stato nuovamente aggiornato nel 1991 attraverso l'approvazione da parte del Parlamento della L.9

1.1.7 Pratica e ricerca estera in riferimento alla pianificazione energetica del territorio

Le principali direttrici della politica energetica sono parametri comuni nel tempo e nei luoghi. Lo sviluppo del settore energetico è fattore essenziale per lo sviluppo economico e la competitività di ogni paese.

La situazione energetica mondiale e le sue prospettive future delineano sia nella loro complessità che singolarmente il rischio di una insostenibilità della crescita sia dal punto di vista ambientale ed economico che sociale.

Lo sviluppo economico dei paesi emergenti, tra i quali primeggiano Cina e India, aumenta progressivamente i consumi di energia e con essi le importazioni di combustibili fossili provenienti da un numero esiguo di fornitori. Tali fonti non rinnovabili utilizzate per la produzione di energia contribuiscono al 65% delle emissioni globali di CO₂. L'attuale fabbisogno totale del sistema energetico mondiale è di circa tre miliardi di tonnellate di petrolio equivalente (TEP) ed è costituito per l'84% da fonti primarie di origine fossile, petrolio, carbone e metano. Con gli elevati fabbisogni energetici dei vari paesi emergenti (Cina, India, Brasile) si stima un fabbisogno di almeno 17 miliardi di TEP per il 2030.

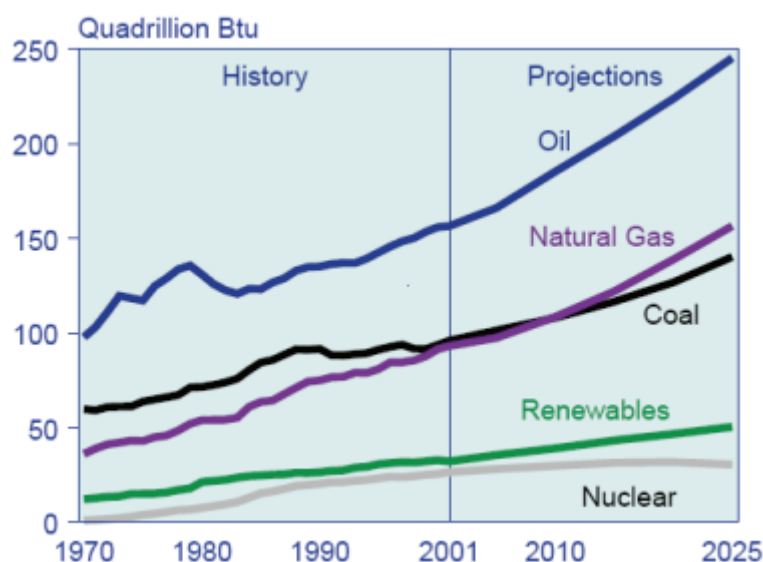


Figura 3: andamento mondiale dei consumi e scenari tendenziali (Fonte: World Bank)

Il petrolio è il principale combustibile utilizzato al mondo con il primato legato essenzialmente al settore trasporti. Tale predominanza è seguita dall'industria del carbone le cui riserve coprono il 27% della domanda di energia mondiale. Il gas naturale è previsto in aumento essendo una fonte "interessante" per la costruzione di nuove centrali sia per i ridotti consumi energetici che per le minori emissioni inquinanti rispetto al petrolio. I consumi energetici non sono stati omogenei nel tempo tra i vari paesi.

L'eterogeneità nel consumo di energia può essere analizzata anche attraverso gli indicatori energetici, che correlano l'attività economica di un paese e il relativo utilizzo di energia. L'indice più diffuso è l'intensità energetica totale per unità di prodotto interno lordo.

L'andamento dell'intensità energetica finale a livello globale mostra un andamento decrescente dal 1990, fatta eccezione per il Brasile. I paesi non OCSE hanno mostrato un più rapido tasso di riduzione rispetto al resto del mondo. In molti casi le riduzioni sono da attribuirsi ad una intensa pianificazione energetica nazionale che ha migliorato l'efficienza ed ha introdotto tecnologie moderne ed efficienti. Ad esempio

L'improvvisa riduzione dell'intensità energetica in Germania è stata favorita dalla chiusura di impianti industriali inefficienti dopo la riunificazione del paese.

Le stime dei consumi futuri globali di energia, sono basate su due diversi scenari :

- lo Scenario di Riferimento (detto “BAU”, Business as Usual)
- lo scenario 450ppm, cioè uno scenario calibrato sull'obiettivo di raggiungere una stabilizzazione della concentrazione di CO₂ in atmosfera al livello di 450 ppm.

Nonostante molti stati si siano dotati di politiche nazionali e accordi internazionali che limitano le emissioni, il consumo di combustibili fossili è costretto ad aumentare soprattutto per la “fame energetica” delle regioni asiatiche.

Occorre trovare altre fonti, intensificare l'utilizzo razionale dell'energia, nuove tecnologie per realizzare gli stessi prodotti o servizi con un minor consumo di energia. In realtà oggi non esiste una politica energetica (e quindi una pianificazione energetica) condivisa. La “moda” del momento è concentrata sulle risorse rinnovabili, ma si assiste a interessi di alcuni politici potenti della terra anche ad altre tattiche. Obama nel febbraio 2010 ha annunciato un interesse al nucleare e alla tecnologia CCS, cioè la cattura e sequestro del carbonio da combustione, prima del rilascio in atmosfera. In completa controtendenza invece, sono la Germania, Svezia e Olanda che puntano ad una eliminazione graduale delle centrali nucleari operative.

1.1.8 La pianificazione energetica in Italia

Il panorama pianificatorio è molto complesso specialmente quando, con la riforma del Titolo V della Costituzione, la tematica energetica è diventata materia di competenza regionale; lo Stato Italiano dovrebbe dare le direttive fondamentali e strategiche e le Regioni o Province in autonomia attuare tali obiettivi sul territorio. Considerano che l'ultimo piano energetico nazionale (PEN) è del 1991, quello che oggi si verifica è la presenza di molti piani energetici regionali (e talvolta locali), non coordinati tra loro, ma frutto delle scelte strategiche della classe politica, in quanto manca un piano nazionale attuale unico e condiviso.

Attualmente, con l'approvazione da parte della Commissione Europea del “Covenant of Mayor” si assiste in tutta Italia ad un proliferare di piani energetici comunali che, seppur mirando a caratterizzare energeticamente il territorio locale, rischiano di frammentare e rendere sempre più complessa una pianificazione energetica del paese Italia.

1.2 OBIETTIVI DELLA RICERCA

1.2.1 Audit energetico di territori ed edifici

L'obiettivo principale e necessario della ricerca in oggetto è l'identificazione di un corretto *modus operandi*, per la redazione di piani energetici ed azioni di miglioramento energetico ambientale in ambito della pianificazione industriale, edilizia e sanitaria.

Tali obiettivi riguardano non solo un'accurata analisi dello stato dell'arte, ma anche l'elaborazione di studi che permettano di poter evolvere le conoscenze, e le metodologie di lavoro e possano anche rappresentare prototipi locali per il rilancio economico, sociale e culturale dei territori in chiave di sostenibilità energetica o "green economy".

La prospettiva è infatti quella di condurre, a seguito dell'analisi scientifica del problema, l'applicazione a casi studio che possano rappresentare modelli e una prima esperienza sul modello elaborato.

Inizialmente, non conoscendo appieno le caratteristiche energetiche dei territori, per quanto riguarda la pianificazione energetica, è necessario reperire dati di top down attraverso lo studio e la ripartizione di elementi noti, resi disponibili da operatori o enti nazionali (MSE) o internazionali (IEA;UE) di indiscussa serietà.

L'attività di "rilievo sul campo" necessaria per avere una migliore descrizione intrinseca del territorio, dovrà essere supportata anche da un attento studio della normativa cogente delle norme tecniche UNI, EN, ISO per rendere il modello matematico di base affidabile e "universalmente condiviso".

Dallo studio dei vari territori, per elaborare scenari futuri, nonché spingere i decisori politici ad investire su una maggiore efficienza energetica, volta non solo a ridurre i costi energetici ed economici, ma anche dare l'impronta ecologica (per la Comunità Europea nota come Carbon Footprint), verranno elaborate azioni che riguarderanno le aree produttive, gli edifici ad impatto zero e centri di ricerca sanitaria a basso consumo energetico.

Per la fase di analisi della pianificazione energetica è stata analizzata la situazione in Italia, ma più approfonditamente l'Emilia Romagna. Scendendo in scala si sono analizzate le provincie di Reggio Emilia, Parma e Modena ed i rispettivi piani energetici comunali.

Per le APEA si è invece analizzata la situazione attuale in Italia ed in particolare in Toscana, Marche Lombardia ed alcune esperienze pilota in Germania.

Per l'efficienza energetica degli edifici si è analizzata la normativa nazionale e regionale e si sono analizzate le esperienze volontarie di Ecoabita e CasaClima in Italia, Minergie in Svizzera.

Infine per quanto riguarda i centri di ricerca sanitaria o l'analisi energetica delle strutture ospedaliere, si sono analizzati dati campione resi disponibili dalla Regione Emilia Romagna su alcuni ospedali regionali.

1.2.3 Identificazione dello stato di efficienza tecnologica impiantistica e di utilizzo delle rinnovabili ed assimilate nel territorio.

La campagna di rilievo e reperimento dati ha lo scopo di acquisire dati anche sovrabbondanti tali da definire sia lo stato di efficienza dei vari settori del territorio, sia la comprensione, elaborazione di un modello di analisi utile a definire piani urbanistici o modelli di sviluppo energeticamente ed ambientalmente compatibili del territorio.

La “matrice” che raccoglie tutti i valori rilevati deve essere in grado, tramite un’attenta e accurata ripartizione dei diversi dati ed un facile adattamento a differenti contesti e territori, di identificare le principali caratteristiche energetiche e di efficienza dei vari settori umani che consumano energia, nonché i maggiori “centri di costo” del campione studiato.

I fini ultimi di questa operazione, sono l’elaborazione di una o più metodologie parametriche per estendere i risultati ad audit di altre realtà, individuando scenari di efficienza nei vari settori (civile, industriale), potenzialmente attuabili nei territori oggetto di analisi.

1.2.3 Valutazione delle metodologie di calcolo disponibili

L’obiettivo che ci si è posti nello studio illustrato, è quello di creare un sistema di analisi del territorio e dell’efficienza energetica degli usi finali analizzati che sia riproducibile, oggettivo e si fondi su aspetti e formulazioni matematiche universalmente condivise.

La normativa cogente, sebbene abbia legiferato su ogni aspetto in seguito analizzato, ha indicato solo in alcuni casi la normativa tecnica (UNI) da seguire per l’elaborazione e la calcolo. Tuttavia mentre le norme tecniche UNI o le norme EN sono ben definite per definire l’efficienza energetica degli edifici (o qualunque destinazione) ,per la climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria (UNI TS 22300-1 e UNI TS 11300-2), non esistono norme tecniche che prevedano un iter formale per la redazione di piani energetici del territorio o di piani di efficienza energetica e ambientale per particolari aree del territorio.

Inoltre le norme per la calcolo delle prestazioni energetiche UNI TS 11300 operano in regime quasi straordinario e talvolta per edifici complessi (come quelli ospedalieri o direzionali) tale modello è un po’ “scarso” rispetto ad una valutazione dinamica dello stesso.

Questo implica pertanto l’assunzione di dati medi (indicati anche da varie norme UNI), per la redazione di scenari futuri o di efficienza energetica di particolari edifici.

Per soddisfare le richieste di dati che possano definirsi “reali”, ovvero descrittori della prestazione energetica in fase di esercizio (diagnosi energetica), ci sono una serie di ulteriori verifiche sia sulle condizioni ambientali (dati climatici reali) sia verifiche strumentali su involucro, impianti e profilo d’uso dell’utente.

Lo studio su modelli di efficienza energetica di questa ricerca, utilizza, nella maggior parte dei casi, metodi quasi stazionari che permettono, (seppur la loro trattazione sia più “superficiale”) una più rapida applicazione della ricerca stessa ai vari territori, in funzione dei software e “conoscenze medie” a disposizione degli operatori.

1.3 LA METODOLOGIA DELLA RICERCA

1.3.1 Valutazioni sulla normativa di riferimento e sui provvedimenti legislativi volti alla pianificazione energetica del territorio.

In prima istanza, al fine di approcciare in modo corretto al problema è stato necessario documentarsi sulla normativa e manualistica di riferimento.

Studio della normativa di riferimento:

- ✓ Legislazione vigente a livello europeo, nazionale e regionale sulla pianificazione energetica del territorio
- ✓ Legislazione vigente a livello nazionale e regionale sulla contabilizzazione della **CO₂**, inquinamento
- ✓ Legislazione vigente a livello Europeo, nazionale e regionale sulle dotazioni minime di energie rinnovabili del territorio

Studio della normativa tecnica UNI ed EN inerente la pianificazione del territorio , il conteggio della CO₂, e le energie rinnovabili

Studio della manualistica tecnica di riferimento:

- Legge 9 del 9.11.1991: norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale,
- Legge 10 del 9.1.1991: norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio e di sviluppo di fonti energetiche rinnovabili,
- Legge Regione Emilia Romagna n. 26 del 24 dicembre 2004
- Piano energetico città di Reggio Emilia
- Piano energetico città di Parma

Soprattutto in riferimento alle fasi sia di parametrizzazione che di conteggio dell'energia primaria e delle emissioni di gas effetto serra (GHG), le norme UNI e la legislazione sulle emissioni, sono state ampiamente richiamate ed utilizzate per poter definire l'ossatura del sistema di calcolo energetico territoriale.

1.3.2 Selezione del campione di dati per analisi energetica della città di Parma

L'analisi dettagliata e la valutazione energetica secondo modelli diffusi, alla base del seguente studio, ha richiesto in primis l'analisi di dati con metodologia top-down ma si è immediatamente attivato il reperimento di dati locali (metodologia di bottom up). Le differenze tra le due metodologie hanno portato valori differenti del profilo energetico ed emissivo del territorio che erano prevedibili. La ricerca ha tentato di trovare un algoritmo ricorrente per "correggere" i dati rilevati

1.3.3 Audit energetico delle peculiarità del territorio

La fase applicativa della ricerca, comincia sia con il reperimento sistematico dei dati puntuali, ma anche con l'elaborazione del modello energetico del territorio. Parallelamente vengono creati gli scenari di sviluppo del territorio e il quadro emissivo di GHG utilizzando per quest'ultima le metodologie di calcolo rese disponibili da norme UNI e legislazione vigente.

Con tale approccio è stato realizzato il piano energetico della città di Parma.

1.3.4 Selezione degli interventi di miglioramento energetico del territorio

Dopo la valutazione dello stato di fatto del territorio rispetto ai consumi e alle emissioni storiche, è stato necessario identificare le azioni di miglioramento per il "futuro". Tali scenari hanno preso come riferimento gli obiettivi del pacchetto Clima dell'Unione Europea, pertanto se il 20% di riduzione delle emissioni effetto serra rappresenta un fine o un obiettivo al 2020, il miglioramento dell'efficienza degli usi finali del 20% e l'aumento dell'uso delle rinnovabili del 20% (integrato anche dalla direttiva 2009/28/CE), rappresentano delle azioni utili per ottenere tale obiettivo. Ovviamente tali aspetti si ripercuotono sui vari settori di studio con la peculiarità che le azioni che sono suggerite o supposte, sono state studiate in relazione al territorio, ossia conoscendo le caratteristiche territoriali, economiche, sociali e climatiche; creando le azioni che risultano più idonee nei confronti della "green economy" e del miglioramento ambientale collettivo.

1.3.5 Definizione del modello parametrico da estendere ad altri territori

Un'ulteriore fase della ricerca consiste nell'elaborazione e nell'applicazione di un modello parametrico utile a modellizzare la situazione energetica-ambientale di altri territori non necessariamente dell'Emilia Romagna.

Questo strumento ha l'obiettivo di essere di ausilio ai decisori politici delle varie realtà territoriali, nel valutare interventi diretti o indiretti in relazione al loro rapporto costi/benefici sul territorio.

1.4 RISULTATI ATTESI

1.4.1 Definizione degli scenari di miglioramento energetico del territorio

Attraverso la suddivisione dei settori di valutazione dei fabbisogni energetici del territorio (agricoltura, civile, industriale), sono state compiute simulazioni su varie azioni che possono essere intraprese mettendo a sistema l'analisi dei costi/benefici dei vari interventi, oltre al volume d'affari relazionato ai miglioramenti ambientali e al potenziale impiego.

Il primo e il principale risultato atteso della ricerca è la formulazione di linee guida e un modello per la pianificazione energetica del territorio.

1.4.2 Elaborazione di uno o più standard per l'edilizia energeticamente sostenibile

Al fine di poter proporre modelli di sviluppo energeticamente e ambientalmente sostenibile rispetto allo "scenario storico" del territorio, anche alla luce delle recenti variazioni normative sia europee che nazionali e regionali, si sono elaborati modelli di edifici (a differenti destinazioni), capaci di rappresentare un'edilizia a ridotto impatto ambientale sia dal punto di vista dei fabbisogni che della migliore vivibilità. Gli studi fatti, come obiettivo della ricerca di dottorato, mirano anche a caratterizzare il modello energetico di "casa passiva nel Mediterraneo", tipo energetico che si discosta dal modello di casa passiva tedesco.

1.4.3 Elaborazione di linee guida per le aree produttive ecologicamente attrezzate.

Un ulteriore obiettivo della ricerca, è stato quello di definire linee guida e azioni per la trasformazione di tessuti esistenti o realizzazione di nuovi insediamenti, come polo tecnologico/industriale a basso impatto ambientale ed elevata efficienza energetica, ed uso di rinnovabili a servizio sia delle imprese che del ciclo produttivo integrato. Tali aspetti potranno essere utilizzati dalle varie amministrazioni locali, sia come strumento da inserire nei piani di governo del territorio, sia per partecipare a richieste di finanziamento pubblico in special modo di tipo comunitario, per il rilancio e la qualificazione energetica del tessuto industriale.

1.4.4 Elaborazione di linee guida per la valutazione a audit di edifici ospedalieri complessi

Per poter definire un edificio ospedaliero a basso consumo energetico, deve essere attuato un procedimento di audit che fornisca dati sufficienti alla valutazione del comportamento ex post se esistente (quindi pianificare interventi di efficientamento), sia valutare se nuovi interventi possano garantire le idonee tecnologie e dotazioni per ridurre il fabbisogno energetico complessivo.

Deve essere quindi elaborato, così come nel caso dell'edilizia (vedi punto 1.5.2) un modello di calcolo parametrico, derivante da una metodologia standard che possa generare dati attendibili utili all'azienda ospedaliera o AUSL per classificare e pianificare interventi sugli edifici ospedalieri stessi. Lo studio si cura inoltre di validare ed analizzare la metodologia di ricerca del nuovo polo onco-ematologico di Reggio Emilia, eventualmente estendendo i risultati ad altri edifici e/o complessi.

1.5 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

La sezione seguente è stata redatta con l'unico intento di indicare la normativa Italiana ed europea che regola i casi studio e le tematiche affrontare da cui ha inizio la ricerca.

I testi e le norme di seguito menzionati sono spesso citati durante la trattazione seguente.

1.5.1 Legislazione vigente

Pianificazione energetica

- L. 9 del 09/01/1991 norme per l'attuazione del piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali
- L. 10 del 09/01/1991 norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia
- L. 308 del 29/05/1982 norme sul contenimento dei consumi energetici, lo sviluppo di fonti rinnovabili di energia e l'esecuzione di centrali elettriche alimentata con combustibili diversi dagli idrocarburi

Emilia Romagna

- LR n. 26 del 23/12/2004 disciplina della programmazione energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia
- Delibera assemblea legislativa n. 50 del 26/07/2011 “secondo piano triennale di attuazione del Piano energetico regionale 2011-2013”
- Delibera assemblea legislativa n. 141 del 14/11/2007 “piano energetico Regionale”

1.6 MANUALISTICA TECNICA DI RIFERIMENTO

La seguente sezione è stata redatta con l'intento di indicare la manualistica tecnica presa in esame dallo studio. I testi di seguito sono spesso citati durante la trattazione.

Piano Energetico della Regione Emilia Romagna

Derivato dalla Legge regionale 26 del 2004 (prima in Italia ad affrontare, a livello regionale, la complessità della questione energetica). Il Piano definisce degli obiettivi di risparmio energetico nei diversi settori (il settore residenziale contribuisce per un terzo, il settore dei trasporti per il 40%, l'industria per il 25%) e prevede un primo stanziamento regionale di 90 milioni di euro in tre anni (2008-2010).

Il Piano non è “partito da zero”, infatti l'avvenuta trasformazione del parco termoelettrico regionale, con l'adozione delle nuove tecnologie ad alta efficienza alimentate a metano, in sostituzione delle vecchie centrali alimentate ad olio combustibile, ha rappresentato una caratterizzazione regionale già dagli anni novanta. Ciò ha prodotto, oltre che una riduzione del 50% delle emissioni inquinanti

per kWh prodotto, un significativo aumento di energia prodotta, portando in pareggio il bilancio elettrico regionale, che segnava un deficit del 60% solo nel 1998.

Sul fronte della produzione la strada indicata è quella di sviluppare le fonti rinnovabili (fotovoltaico, eolico, idroelettrico, geotermia, biomasse) e gli impianti di “generazione distribuita” ad alta efficienza basati sulla tecnologia della cogenerazione di piccola taglia e del teleriscaldamento.

In assenza di interventi correttivi, l’Emilia Romagna, con un consumo interno annuo oggi pari a 18 milioni di TEP (di cui il 70% d’importazione) rischierebbe di trovarsi sempre più dipendente da fonti esterne, con rischi di black out e con una situazione ambientale in continuo peggioramento.

Gli strumenti di intervento per la attuazione del PER riguardano innanzitutto l’emanazione di nuove norme sul rendimento energetico degli edifici, con standard più stringenti rispetto al passato, nonché di un sistema di incentivi per l’accelerazione degli interventi di razionalizzazione energetica, per la promozione di servizi avanzati, di formazione e di informazione.

Piano energetico del Comune di Reggio Emilia

La Legge 9.1.1991, n. 10 prevede espressamente l’elaborazione di Piani Energetici per i Comuni con più di 50.000 abitanti, finalizzati a favorire e incentivare l’uso razionale dell’energia, il contenimento dei consumi energetici, il miglioramento dei processi di trasformazione energetica attraverso un incremento della loro efficienza e l’utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Queste sono le priorità da perseguire per garantire una migliore e più sostenibile qualità della vita. La rilevanza ambientale dell’uso di fonti energetiche rinnovabili è ancora più evidente alla luce della grande instabilità dei costi energetici e della loro coerenza con gli obiettivi e gli impegni assunti con l’adesione al protocollo di Kyoto, che prevedono una riduzione delle emissioni climalteranti in atmosfera del 6,5% entro il 2010-2012, rispetto ai valori registrati nel 1990.

La Giunta Municipale del Comune di Reggio Emilia ha approvato il 5 novembre 2008 il Piano Energetico Comunale. Per la stesura del Piano ci si è avvalsi delle professionalità dell’ing. Giacomo Bizzarri, Ricercatore di Fisica Tecnica Industriale presso la Facoltà di Architettura dell’Università di Ferrara e del dr. Maurizio Pallante, ricercatore e pubblicista nel campo del risparmio energetico e delle tecnologie ambientali.

Libro bianco città di Parma

Pur essendo Parma una città con più di 50.000 abitanti ed essendo la stessa città dotata di piano energetico nel 2008, la Giunta e il Consiglio Comunale hanno approvato nel marzo 2010 il “Libro Bianco” ossia una visione della città al 2020 eco-efficiente.

Le linee di indirizzo di tale documento sono:

1. Potenziare l’efficienza nell’uso delle risorse senza per questo diminuire gli standard e la qualità dello stile di vita
2. Risparmio energetico
3. Mobilità urbana sostenibile attraverso l’utilizzo di mezzi ad impatto zero

Uno studio sulle potenzialità dei sistemi fotovoltaici e l’estensione della rete di teleriscaldamento cittadina, rappresentano l’impegno della città a rispettare gli impegni del Pacchetto clima della Comunità Europea, non avendo la città aderito al “Patto dei sindaci”.

Libro verde commissione Europea

La Commissione Europea con il libro verde approvato l'8 marzo 2006, ha identificato una vera e propria politica energetica europea di fronte alle numerose sfide in termini di approvvigionamento e di effetti sulla crescita e sull'ambiente. Per conseguire i suoi obiettivi economici, sociali ed ambientali l'Europa, con questo documento, ha accettato di sfidare il sistema fino ad esso conosciuto (dipendenza dai combustibili fossili fortemente importati extra continente) attuando una nuova politica energetica articolata su tre obiettivi principali:

- La sostenibilità per lottare attivamente contro il cambiamento climatico, promuovendo le fonti di energia rinnovabile e l'efficienza energetica;
- La competitività per migliorare l'efficienza della rete europea tramite la realizzazione del mercato interno dell'energia;
- La sicurezza dell'approvvigionamento per coordinare meglio l'offerta e la domanda interna di energia nel contesto internazionale dell'UE.

Delibera assemblea legislativa n. 156 del 04/03/2008 e DM 26/06/2009 – certificazione energetica degli edifici

Le normative sopra riportate attuano in Italia la certificazione energetica degli edifici prevista dalle direttive 2002/91/Ce e 2010/31/UE. La delibera Regione Emilia Romagna, pubblicata sul BUR il 30/06/2008, attua sul territorio regionale la clausola di cedevolezza (Titolo V costituzione Italiana), la certificazione energetica ed eleva i parametri di efficienza energetica rispetto a quelli previsti dalla legislazione nazionale sull'efficienza energetica degli edifici.

Il decreto si compone di 8 articoli e vari allegati: le linee guida per la certificazione sono contenute nell'allegato A e nell'allegato B sono contenute le norme tecniche di riferimento per la determinazione del fabbisogno energetico complessivo.

1.7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. G. Bizzarri, piano energetico Comune di Reggio Emilia, Maggio 2008.
2. 2.Direttiva 2002/91/Ce del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16/12/2002 sul rendimento energetico nell'edilizia
3. Legge ordinaria del Parlamento n. 373 del 30/04/1976. Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici.
4. Legge ordinaria del Parlamento n. 10 del 09/01/1991. Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
5. Decreto Legislativo n. 192 del 19/06/2005. Attuazione della direttiva 91/2002/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
6. Decreto Legislativo n. 311 del 29/12/2006. Disposizioni correttive ed integrative al decreto Legislativo 192/2005, recante l'attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
7. Delibera della Regione Emilia Romagna n, 156 del 4/03/2008. Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici.

8. UNI TS 11300 -1 . prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale. Maggio 2008.
9. UNI TS 11300 – 2 prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria. Maggio 2008
10. UNI TS 11300 – 3 prestazioni energetiche degli edifici. Parte 3: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva. Febbraio 2010.
11. UNI TS 11300 – 4. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 4: utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria. In fase di pubblicazione
12. G. Scotti , “ambiente urbano”, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2007

SITOGRAFIA

1. ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica. Censimento Nazionale 2001. www.istat.it
2. Regione Emilia Romagna www.regione.emilia-romagna.it
3. Ministero dello Sviluppo economico www.sviluppoeconomico.it
4. Camera di commercio dell'Emilia Romagna www.unioncamere.it
5. Agenzia internazionale dell'energia www.iea.com

2

Secondo Capitolo

LA PIANIFICAZIONE ENERGETICA DEL TERRITORIO: MODELLO TERRITORIALE

2.1 Il cambiamento climatico e gli accordi internazionali sulla riduzione delle emissioni dei gas effetto serra

La storia è segnata dall'evoluzione dei sistemi con i quali il genere umano si procura e consuma energia. Questi sistemi hanno condizionato lo sviluppo dell'umanità e hanno intaccato tanto significativamente gli stock fossili, che il nostro stesso futuro dipende dalle scelte di politica energetica di questi anni. La strada di uno sviluppo che possa durare garantendo ancora margini di crescita economica, equità nell'accesso alle risorse, diritti e rispetto dell'ambiente (il depositario di risorse e servizi insostituibili) è definita, con qualche diversità d'accento, la strada dello "sviluppo sostenibile". In ciascuno di questi ambiti, economico, sociale e ambientale, il ruolo dell'energia è determinante per l'attività umana.

In macroeconomia prevale la tesi che intorno all'energia si giochi la possibilità stessa della crescita. L'energia è indispensabile per trasformare la materia in beni utili e per fornire servizi, quindi per la produzione e per i consumi diretti e indiretti. La dimensione delle economie, comunque la si misuri, è dunque fortemente connessa con le quantità di energia messe in gioco; ne consegue che il miglioramento degli standard di vita si accompagna necessariamente all'aumento dei consumi energetici. Questa correlazione, benefica per le popolazioni più povere, strategica per le economie in via di sviluppo, sembra sfortunatamente mantenersi anche per gli standard più elevati, dove abbondanza significa spreco.

E' lecito quindi chiedersi di quanta energia l'umanità necessiti per garantire lo sviluppo stesso. Se sostituiamo la misura bruta del reddito con una tra le più accreditate espressioni dello sviluppo umano, lo Human Development Index (Hdi), si osservano rapidi miglioramenti dell'indice con consumi contenuti e crescenti, mentre gli alti consumi energetici non apportano vantaggi crescenti. Uno studio recente dell'IEA valuta che una disponibilità media di 100 watt pro capite, divisa tra gas liquido per cucinare in modo pulito ed elettricità per l'illuminazione, frigorifero e Tv, può garantire i bisogni essenziali di una famiglia. Si tratta di circa 100 ktep per anno, un cinquantesimo del consumo medio europeo, un minimo che dovrebbe essere considerato tra i diritti umani inalienabili della persona.

Per rappresentare la qualità tecnologica del ciclo economico dell'energia si fa normalmente ricorso all'intensità energetica che rapporta il consumo totale di energia primaria alla fonte al reddito. Sul piano globale si osserva un miglioramento dell'1% circa per un anno a partire dalla sconda crisi petrolifera. Negli ultimi vent'anni del secolo scorso, rispetto a un incremento medio su base annua del reddito globale del 4%, i consumi energetici aumentano di poco meno del 2%, così è dimostrato che i miglioramenti tecnologici stanno producendo progressi dell'efficienza generale, anche se non sono sufficienti a stabilizzare la crescita dei consumi energetici totali.

Il prezzo dell'energia è considerato un determinante critico per gran parte dei parametri macroeconomici, come reddito, inflazione e occupazione. Le implicazioni umanitarie della carenza di energia aggravano le condizioni della povertà estrema. I paesi poveri hanno poca energia e di cattiva qualità, ricavata dalle deiezioni animali, dagli scarti agricoli e dalla legna in modi pericolosi per la salute oltre che poco efficienti: è minima la disponibilità di elettricità e di gas naturale. Milioni di donne povere, in Africa e Asia, devono passare gran parte della giornata lontano da casa per radunare legna da ardere, oppure sono costrette a usare come fonte energetica gli scarti agricoli e del petrolio, entrambe risorse molto dannose alla salute.

Le fonti di energia, non solo quella fossile e nucleare, sono all'origine di gran parte delle pressioni sull'ambiente. Il 64% delle emissioni antropiche di anidride carbonica (fino al 1990) deriva dalla combustione di fossili nei processi energetici, così come l'89% di emissioni di zolfo e il 17% del metano, e, nei soli Usa, il 23% delle emissioni di ossidi di azoto. Gran parte dei metalli pesanti provengono dalla combustione del carbone. Queste emissioni sono causa di una quantità di problemi globali e locali, dal

cambiamento climatico, la crisi ambientale acuta più pericolosa, alle deposizioni acide e lo smog urbano. A monte va posta la responsabilità delle pressioni generate dall'attività mineraria. Sei tonnellate di rifiuti devono essere smaltite per ogni tonnellata di carbone americano estratto. Le esplorazioni petrolifere danneggiano molti ecosistemi fragili, come il mare e le zone umide, producendo quantità di emissioni anche tossiche. Le grandi dighe idroelettriche distruggono i territori, costringono all'esodo intere popolazioni (60 milioni in Cina e India) e modificano in modo pesante gli ecosistemi di grandi aree, con conseguenze non ancora prevedibili.

L'energia è il fattore dello sviluppo maggiormente presidiato nelle istituzioni tecnico-politiche transazionali, nei governi nazionali e nelle amministrazioni locali. La centralità del tema energetico nella scienza e nella tecnologia, nella politica e negli affari, ma anche nella vita di tutti i giorni, non riflette affatto linearmente nel negoziato internazionale dello sviluppo sostenibile scandito dai tre grandi summit delle Nazioni Unite a Stoccolma (1972), Rio de Janeiro (1992) e Johannesburg (1992).

"The limits to Growth", pubblicato poco prima del Summit di Stoccolma del 1972, individuò nell'energia un fattore critico della crescita per effetto delle emissioni di CO_2 , del riscaldamento della Terra e della produzione di scorie radioattive. Pur catalogata tra le risorse scarse, allora parve che "l'energia nucleare potesse liberare l'umanità dalla soggezione della limitata disponibilità di combustibili fossili" a condizione di prolungare la via dello stock del materiale fossile; un'illusione caduta dopo il fallimento del progetto francese dei reattori autofertilizzanti.

Al Summit di Stoccolma si riunirono 113 delegazioni di governo per valutare, insieme ai movimenti e alle associazioni non governative, lo stato e il futuro dell'ambiente sotto la spinta dell'evidenza dei gravi cambiamenti globali in atto, indotti dall'attività dell'uomo. Si discusse essenzialmente sulla sospensione degli esperimenti nucleari in atmosfera e ci furono litigi con il blocco sovietico per l'esclusione delle Germania Est e tra i paesi del Nord sviluppato e i paesi poveri. Conflitti irrisolti a tutt'oggi, che hanno avuto il merito di spostare il fuoco del dibattito degli anni avvenire al di là delle tematiche solamente protezionistiche dei nordeuropei verso il problema dello sviluppo dell'uomo e della società. Non esisteva allora alcuna visione unitaria di tali problemi né ancora si poteva prefigurare il paradigma della sostenibilità. Non c'era la consapevolezza dei cambiamenti globali a carico del clima e nemmeno della situazione critica della fascia dell'ozono.

Per comprendere le ragioni della fortuna e anche della fascinazione del Summit della Terra di Rio de Janeiro su ambiente e sviluppo (UnCED, 1992), va evocato il clima di aspettative e di ottimismo successivo alla caduta del muro di Berlino e alla fine della guerra fredda. Nei vent'anni intercorsi tra i due summit molte cose sono cambiate: il mondo aveva subito due crisi petrolifere, le prime guerre per il controllo del petrolio, i disastri di Chernobyl, Bhopal e Fukushima, e aveva colto la progressiva gravità del degrado ambientale, delle foreste, del clima e dell'atmosfera. Rio può, a ragion veduta, essere considerato il maggior successo del sistema del negoziato multilaterale sull'ambiente e lo sviluppo delle stesse Nazioni Unite. Vi parteciparono 35.000 persone, più di 200 capi di stato, le delegazioni dei governi di 150 paesi, 1.400 Organizzazioni e quasi 10.000 giornalisti. L'immaginazione dell'opinione pubblica mondiale ne rimase fortemente colpita, come mai prima né dopo.

Da Rio in poi lo sviluppo sostenibile è una nuova frontiera per l'umanità, una finalità globale, ardua ma condivisa. Il concetto era stato introdotto nel sistema Onu cinque anni prima con il rapporto finale della World Commission on Environment and Development (WCED, 1987) e confermato nel gran lavoro preparatorio del summit che assunse l'ambiente e lo sviluppo come finalità di cartello.

Benché l'energia fosse ormai da tutti considerata il fattore determinante per lo sviluppo economico, la Dichiarazione di Rio, che enuncia i 27 principi dello sviluppo sostenibile, non fece alcun riferimento

esplicito ad essa, così come Agenda 21 non la annoverò nei titoli dei suoi 40 capitoli. Tuttavia a Rio venne aperta per la sottoscrizione la Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (IN FCCC) che, per il prevalere delle fonti fossili nel quadro energetico mondiale, pur dalla angolazione ambientale del contenimento delle emissioni serra, è divenuta nel tempo la sede di fatto del negoziato multilaterale sull'energia. Tale ruolo si è accentuato dopo la negoziazione del Protocollo di Kyoto, condotta nell'ambito della terza conferenza delle Parti della UN FCCC nel 1997, attualmente il paradigma delle politiche per la sostenibilità energetica e della stessa diplomazia del multilateralismo.

Tuttavia la discussione sull'energia assunse a Rio ben altra larghezza e profondità rispetto a Stoccolma, acquisendone in pieno la centralità per la crescita dell'economia. Il capitolo 9 di Agenda 21 è dedicato alla protezione dell'atmosfera ed è il blueprint dell'energia che viene anche discussa nei capitoli 4,7 e 14. Qui vengono evidenziati gli effetti sull'ambiente e sui cambiamenti del clima e per la prima volta sono delineate le linee future della politica energetica sostenibile che dovrà basarsi sull'efficienza, sulla ricerca di nuove fonti "più pulite" e sulla riduzione dei consumi. Il dibattito si concentra sul nodo della contrapposizione tra le priorità ambientali e le necessità della crescita economica, ma restano ancora in ombra tanto il problema della scarsità delle risorse e delle tecnologie energetiche, quanto la questione dell'equità distributiva e dell'estensione dell'accesso all'energia.

L'Assemblea generale del Millennio, tenuta nel 2000 nel palazzo di Vetro di New York con la partecipazione di tutti i Capi di Stato, è il punto più alto raggiunto dalle Nazioni Unite. In quella occasione venne assunto l'impegno di ottenere in tempi brevi e prestabiliti una serie di risultati globali in materia di sviluppo (Millennium Development Goals, Mdg).

L'importante gruppo di obiettivi, incentrato sull'abbattimento della povertà e sulla diffusione di una serie di diritti sociali fondamentali e di diritti di accesso alle risorse, non contiene alcun riferimento all'energia.

Al tempo della convocazione del Summit sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg nel 2002 (World Summit for Sustainable Development, Wssd), l'ottimismo e le grandi speranze suscitate a Rio erano già da tempo svanite di fronte al rifiuto dei paesi industrializzati del Nord di onorare l'impegno preso per sostenere lo sviluppo dei paesi poveri e alla scarsità dei risultati del negoziato multilaterale in materia di ambiente e sviluppo.

Se la caduta del muro di Berlino aveva improntato di ottimismo il Summit di Rio, furono le Torri gemelle a segnare profondamente Johannesburg: in nessun caso il mondo avrebbe più potuto essere lo stesso. Tuttavia all'egoismo e la miopia degli Stati Uniti e di molti altri paesi possono a ragione essere additati come responsabili della perdita di fiducia dell'umanità e del clima di insicurezza, violenza e paura che si sta diffondendo.

Tuttavia il Wssd evidenzia che il concetto di sviluppo sostenibile è ormai divenuto linguaggio comune di tutti i governi, sia pure con larghe concessioni alla retorica. I principi di Rio vengono tutti confermati, così come Agenda 21, ma non senza contrasti. In qualche caso si riesce ad affermare la necessità di fissare obiettivi e tempi per lo sviluppo sostenibile secondo il modello del Protocollo di Kyoto e dell'Assemblea del Millennio dell'Onu

Non si raggiunge però l'accordo per un target mondiale sulla quota di energia rinnovabile. Fallito, per opposizione degli Usa, l'obiettivo del 10% di energie rinnovabili entro il 2010, si concorda (art.19e) di "diversificare le fonti e incrementare sostanzialmente la quota di energia rinnovabile".

Polemicamente l'Unione Europea, in accordo con 24 paesi, sottoscrive la Joint Declaration che intende andare oltre l'accordo sottoscritto per promuovere l'adozione di "precisi target e tempi da parte di tutti i paesi" in materia di quote di produzione di energia rinnovabile.

In modo opportuno, la Dichiarazione di Johannesburg riconosce nell'energia un "bisogno dell'uomo al pari dell'acqua, dell'igiene, dell'abitazione, della cura della salute, dell'alimentazione e della biodiversità (§18), quindi è un diritto civile e sociale per sé, non solo come riflesso di altre questioni. Ventitré linee dell'articolo 19 del Piano di implementazione sono riferite agli aspetti ambientali ed economici dell'energia per lo sviluppo sostenibile con lo stesso approccio di Rio, volto alla mitigazione degli elementi conflittuali, ma arricchito da un'attenzione molto più puntuale ed efficace sugli elementi fondanti della politica per la sostenibilità energetica.

Le vere novità si registrano sulla dimensione sociale dell'energia e sul diritto di accesso ai servizi energetici che, su scala mondiale, non sono disponibili per due miliardi di persone, come ha stabilito nel 2001 la Commissione delle Nazioni Unite sullo sviluppo sostenibile (Un Csd-9). Nella sezione del Piano di implementazione dedicata alla lotta alla povertà (art. 8) si rivendica "l'accesso sicuro e a basso costo a servizi e risorse energetiche socialmente accettabili e ambientalmente sostenibili come mezzo per acquisire importanti servizi che mitigano la povertà e facilitano il raggiungimento dell'obiettivo di dimezzare la popolazione in povertà entro il 2015" che (8a) "tengano conto delle specificità nazionali" promuovendo "l'elettrificazione rurale, la generazione distribuita, l'uso di fonti rinnovabili, di fonti liquide e gassose più pulite, di una maggiore efficienza energetica, di una maggiore cooperazione territoriale e internazionale, garantendo il diritto di accesso all'energia per i più poveri", (8g) "tenendo in mente che i rapidi aumenti dei consumi energetici dei paesi in via di sviluppo sono indispensabili per migliorare gli standard di vita delle loro popolazione e per eliminare la povertà".

Solo con il Summit di Johannesburg si può ritenere acquisita la piena dimensione della sostenibilità dell'energia entro il negoziato multilaterale; infatti il programma di Stoccolma aveva un taglio solo protezionistico ambientale, quello di Rio era essenzialmente orientato a sgombrare la strada alla crescita economica e l'Assemblea del Millennio aveva malauguratamente ommesso di dichiarare l'energia un requisito indispensabile per l'acquisizione dei diritti umani e l'eliminazione della povertà piuttosto che soltanto per la crescita economica.

Nella fase di preparazione del Summit il gruppo di lavoro del segretario generale dell'Onu Kofi Annan, segnalava alcuni punti "dolenti" della situazione energetica del mondo in prospettiva di indicare le priorità del futuro:

- due miliardi di persone al mondo, principalmente nelle campagne, non hanno accesso all'elettricità; altrettante persone soffrono di grave scarsità di energia elettrica;
- un terzo del mondo si affida ai combustibili tradizionali, legno, deiezioni animali e residui agricoli, per cucinare e scaldarsi;
- un miliardo di persone, le più povere, consuma 0,2 tep all'anno a fronte del miliardo dei più ricchi che consuma 5 tep e può disporre di un reddito medio di 20.000 dollari Usa all'anno;
- il sistema energetico mondiale è responsabile di oltre la metà delle emissioni di gas serra di origine antropica, in gran parte dovute all'uso di combustibili fossili.

L'importante documento, il primo in questa ampiezza presentato in sede istituzionale, indica una serie di azioni da intraprendere per perseguire un modello energetico sostenibile:

- ridurre la povertà promuovendo l'accesso alla moderna energia nelle aree rurali e periurbane;
- migliorare la salute e ridurre l'impatto ambientale prodotto dai combustibili usati nei tradizionali apparecchi da cucina;
- migliorare l'accesso a fonti economiche e diversificate di energia nei paesi più poveri;

- sviluppare in tutti i settori l'efficienza nella produzione e nell'uso dell'energia con le tecnologie e le pratiche già note e l'etichettatura energetica;
- aumentare progressivamente il contributo delle energie rinnovabili in tutti i paesi. In particolare assicurare servizi di energia rinnovabile nelle scuole, nei centri di cura e nei laboratori;
- usare le energie rinnovabili per consentire l'accesso all'acqua potabile;
- incrementare l'impiego di tecnologie avanzate per i combustibili fossili, in particolare per il carbone nei paesi che ne fanno uso;
- ridurre l'inquinamento da emissioni in atmosfera, adottare nuove tecnologie nei trasporti, in particolare nei grandi aggregati urbani.

La Conferenza di Rio è dunque il punto di partenza del negoziato internazionale multilaterale per i cambiamenti climatici, con una modalità di allargamento internazionale delle politiche ambientali già sperimentata con protocolli e intese denominati Mea (Multilateral Environmental Agreements), il più rilevante dei quali all'epoca era il protocollo di Montreal per la difesa della fascia dell'ozono.

La convenzione quadro sui cambiamenti climatici è stata firmata da 153 paesi (178 erano i paesi presenti a Rio de Janeiro) ed è entrata in vigore nel 1994. La Convenzione si è dotata di un proprio organo tecnico (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, Sbsta) ma molti altri contributi tecnici le giungono da un gruppo indipendente di scienziati (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPPC) che pubblica periodicamente un rapporto di valutazione sullo stato del clima. La terza edizione di questo rapporto (il Tar) è ormai riconosciuta come il punto di riferimento scientifico per l'intera questione dei cambiamenti climatici.

Ogni anno la Convenzione si riunisce nella Cop, la conferenza delle Parti, che è la sede negoziale permanente della convenzione. Nella terza sessione (Cop3) è stato sottoscritto il Protocollo di Kyoto, attualmente lo strumento principale per raggiungere gli obiettivi della Convenzione, che, adottato nel dicembre 1997, è entrato formalmente in vigore il 16 febbraio 2005 a seguito della ratifica della Russia.

L'obiettivo di base della Convenzione è “pervenire alla stabilizzazione della concentrazione in atmosfera dei gas ad effetto serra a un livello tale da prevenire pericolose interferenze con il sistema climatico. Questo livello dovrebbe essere raggiunto in un arco di tempo tale da permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente al cambiamento climatico, per assicurare che non sia minacciata la produzione di cibo e per consentire che lo sviluppo economico proceda in modo sostenibile”. (UN FCC, 1992).

La Convenzione fa riferimento a due tra i più importanti principi di Rio: il principio della responsabilità comune ma differenziata (principio 7) – per il quale i paesi hanno comuni ma differenziate responsabilità a seconda delle condizioni di sviluppo, delle capacità di perturbare il clima e di intervento – e il principio di precauzione (principio 15) – ovvero, quando sono presenti rischi di un danno serio e irreversibile, l'incertezza delle conoscenze scientifiche non può essere usata come ragione per posticipare gli interventi. Questi principi, messi in discussione dalla delegazione statunitense, sono stati riaffermati al Summit Onu di Johannesburg sullo sviluppo sostenibile.

La Convenzione ha stabilito che, in aggiunta ai fattori naturali di diversa origine che hanno determinato nel corso della storia gli attuali equilibri, il fattore di pressione determinante per i cambiamenti climatici è l'emissione antropogenica dei gas che hanno un potere schermante sulla radiazione terrestre (i gas serra) e che quindi per stabilizzare il clima è comunque necessario un accordo internazionale per il controllo delle emissioni.

Il primo accordo sottoscritto a Kyoto nel 1997 impegna il gruppo di paesi indicati nell'Annex I (i paesi industrializzati, i paesi dell'est europeo e la Russia), ma non i grandi paesi come Cina e India, a ridurre entro

il periodo 2008-20012 le loro emissioni di gas serra (anidride carbonica, metano, protossido d'azoto e tre gas cloro fluorurati) del 5,2% rispetto ai livelli del 1990. Lo stesso documento registra gli importi delle riduzioni concordati dai paesi sottoscrittori. Per entrare in vigore il protocollo di Kyoto doveva essere ratificato da almeno 55 paesi, che comprendessero un certo numero di paesi dell'Annex I che nel 1990 hanno emesso almeno il 55% della **Co₂** equivalente totale (in effetti, queste condizioni si sono poi verificate, con l'adesione della Russia, e quindi è entrato in vigore il Protocollo).

Il dibattito internazionale, tanto negli ambienti scientifici quanto in quelli diplomatici, riconosce con poche incertezze la gravità del problema del cambiamento climatico. A parere di molti il cambiamento è ormai in atto ed è provata l'interferenza delle attività umane con il clima. Si riducono sempre di più i margini di dubbio sulle cause che producono questo fenomeno. In termini sistemici il cambiamento climatico è annoverato tra i processi non lineari e irreversibili, ciò significa che potrebbe divergere e mutare fino a un punto di non ritorno rispetto all'attuale equilibrio delle condizioni climatiche terrestri. L'allontanamento dagli attuali equilibri può essere portatore di inattese transizioni verso regimi climatici non solo diversi, ma caratterizzati da variabilità crescente e quindi da una aumentata frequenza di fenomeni estremi. In questi anni si sono verificati importanti fenomeni compatibili con questo tipo nuovo di instabilità.

Il terzo rapporto dell'IPPC (Climate Change 2001) riporta che dall'era preindustriale il clima ha subito cambiamenti e che alcuni di questi cambiamenti possono essere attribuiti all'attività umana. In particolare:

- “il sistema climatico della terra presenta cambiamenti dimostrabili, sia su scala globale che regionale, a partire dall'era preindustriale e alcuni di questi cambiamenti sono attribuibili alle attività umane”;
- “le attività umane hanno aumentato dall'era preindustriale le concentrazioni di gas serra in atmosfera”;
- “gli anni 90 sono stati i più caldi e l'anno 1998 il più caldo dal 1860 ad oggi”;
- “ci sono nuove e più forti prove che il riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane”.

Esiste una correlazione ben visibile tra i valori dell'aumento di temperatura superficiale della terra osservati e quelli calcolati da un gran numero di diversi modelli matematici che valutano gli effetti combinati dalle cause naturali e dalle cause dovute all'attività umana. Gli scenari delle emissioni di gas serra per i prossimi 25, 50 e 100 anni analizzati dall'IPPC elaborano l'aumento delle concentrazioni di gas serra, dalla temperatura superficiale della terra e del livello del mare. In particolare:

- “tutti gli scenari indicano durante il 21° secolo un aumento della concentrazione di **Co₂** in atmosfera, della temperatura superficiale della terra e del livello del mare”;
- “l'aumento della temperatura varia da 1,4°C a 5,8°C, con una velocità di riscaldamento che è senza precedenti negli ultimi 10.000 anni”. Nessun modello include più lo zero, cioè la stabilità termica del pianeta, all'interno dei limiti di variabilità della previsione.
- “gli scenari indicano un aumento della temperatura tra il 1990 e il 2025 valutato tra 0,4°C e 1,1°C”;
- “considerando tutti gli scenari per il periodo 1990 – 2100 si prevede un aumento del livello del mare tra 0.09 e 0.88 m. per il periodo 10990 – 2015 l'aumento previsto è compreso tra 0,03 m e 0,14 m”.

L'esame dei dati evidenzia una connessione complessa tra emissioni e concentrazioni atmosferiche dei gas serra. La catena emissioni → concentrazioni → clima evidenzia un'inerzia tale che gli effetti sull'aumento della temperatura e del livello del mare si possono prolungare per molto tempo. In particolare è accertato che:

- “la stabilizzazione delle emissioni di CO₂ ai livelli attuali è insufficiente a stabilizzare le concentrazioni di CO₂ in atmosfera”
- “anche nel caso di una riduzione delle emissioni sufficiente a stabilizzare la concentrazione di CO₂, la temperatura superficiale della terra e il livello del mare continueranno ad aumentare per molto tempo”,
- Alcuni cambiamenti del sistema climatico al di là del 21° secolo potrebbero presentare aspetti di irreversibilità.

Su queste valutazioni ormai condivise, sulle quali tuttavia si appunta una critica tanto monitorata quanto ostinata, il negoziato internazionale si è andato a concentrare sul dove, come, quando e in che misura intervenire.

Sul dove intervenire, è opinione comune che sicuramente nel medio termine dovranno essere coinvolti i paesi in via di sviluppo. Ciò comporta che, messi a segno gli obiettivi a breve termine del Protocollo di Kyoto che impegna i soli paesi industrializzati, sarà necessario un accordo ulteriore a medio termine su nuove basi. Resta fermo il maggior impegno a carico dei paesi industrializzati, cui vanno ascritte le quote largamente maggiori delle emissioni totali di gas serra dall'era preindustriale ad oggi.

E' questo un caso di applicazione coerente del principio della responsabilità comune ma differenziata, che rinvia a un'assunzione di responsabilità quantitativamente maggiore da parte dei paesi grandi emittori. Si consideri che le quote di riduzione per i paesi più sviluppati (burden sharing) negoziate a Kyoto tengono invece conto dei livelli di emissione attuali, non di quelli integrali accumulati nel tempo. Alcuni paesi contrari al Protocollo, tra cui gli Usa, ritengono che per contenere i costi, è necessario coinvolgere i paesi in via di sviluppo anche nel breve termine.

Sul come intervenire, ovvero sulle strategie da adottare, ci sono alcune differenze tra chi predilige gli interventi di mitigazione, cioè gli interventi preventivi che tendono a ridurre i fattori di pressione antropogenici riducendo le emissioni serra, e chi invece è orientato sugli interventi di adattamento a posteriori, dando per scontati gli effetti sul clima e l'innalzamento della temperatura e del livello del mare. Nel terzo rapporto, l'IPPC riconosce il ruolo, l'importanza, il potenziale e la possibilità di produrre con misure adeguate benefici anche immediati, ma ammette che ben difficilmente esse potranno azzerare il rischio e scongiurare possibili danni.

Le differenze maggiori si riscontrano sul quando e sul quanto. La Convenzione sui cambiamenti climatici non individua un target per le concentrazioni in atmosfera dei gas serra, ma fa riferimento a una stabilizzazione sulle concentrazioni a un livello tale da prevenire pericolose interferenze con il sistema climatico in un arco di tempo tale da permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente al cambiamento climatico”.

Il terzo rapporto IPPC calcola le correlazioni tra le emissioni, le concentrazioni in atmosfera di **CO₂** e i corrispondenti cambiamenti di temperatura della superficie della terra. Questo viene riportato per differenti livelli di stabilizzazione delle concentrazioni in atmosfera. Secondo l'Ipcc la stabilizzazione delle concentrazioni a livelli di 450, 650, o 1000 ppmv (parti per milione in volume) richiede che le emissioni di **CO₂** siano ridotte al di sotto dei livelli del 1990 rispettivamente entro pochi decenni, entro il secolo o entro due secoli per poi continuare a diminuire. Questo dimostra che, ad esempio nel caso di un livello di stabilizzazione a 450 ppmv, le emissioni dovrebbero cominciare a diminuire tra 10 e 20 anni a partire da oggi. In ogni caso la stabilizzazione delle concentrazioni a 450 ppmv comporterebbe al 2100 un aumento di temperatura tra 0.75°C – 1,25°C con una stabilizzazione dopo il 2100 a + 2°C. se si ritiene accettabile un livello di concentrazione di CO₂ in atmosfera non superiore a 550 ppmv bisogna subito cominciare a ridurre

le emissioni per raggiungere livelli inferiori a quelli del 1990 entro 10 o 20 anni. A maggior ragione se si fa riferimento ad un livello di 450 ppmv.

La gran parte dei paesi sottoscrittori, in prima fila l'Unione Europea, spingono per intervenire subito, mettere in atto il Protocollo di Kyoto e andare rapidamente oltre questo primo obiettivo.

La Comunità Europea del VI piano di azione ambientale fa riferimento a un obiettivo di lungo termine al di là degli obiettivi di Kyoto. Il consiglio ambiente suggerisce di contenere l'aumento complessivo della temperatura in modo che non sia superiore a 2°C rispetto ai livelli preindustriali e propone la stabilizzazione delle concentrazioni di CO₂ al di sotto di 550 ppmv. Questo corrisponde ad una riduzione globale delle emissioni di gas a effetto serra del 70% rispetto a quelle del 1990. L'attuale amministrazione degli Stati Uniti e gli altri paesi contrari alla ratifica del Protocollo di Kyoto puntano, nel breve termine, alla riduzione della intensità carbonica dell'economia. Questo risultato implica la misurazione delle emissioni, dato che la crescita del prodotto interno lordo è comunque programmata, e che pertanto l'importo globale delle emissioni potrebbe aumentare comunque.

Gli Stati Uniti mettono in campo investimenti cospicui per lo sviluppo di nuove tecnologie, ma rimandano ogni ipotesi di intervento sulle emissioni, prospettando scenari nei quali i livelli delle concentrazioni di gas serra potrebbero superare 550 ppmv, considerati dallo IPPC in qualche modo un limite indicativo oltre il quale possono verificarsi cambiamenti irreversibili degli equilibri climatici.

Secondo i dati pubblicati dalla UN FCCC, le emissioni di gas serra dei 32 paesi sottoposti a obbligo di riduzione, senza considerare gli importi derivanti dai cambiamenti di uso del suolo e dalla forestazione (Lucef), sono diminuite dal 1990 al 2000 del 3%. In tal modo l'obiettivo di stabilizzazione UN FCCC è raggiunto. Questa diminuzione è dovuta essenzialmente ai paesi dell'Est europeo, cosiddetti con economia in transizione (Eit), i quali hanno ridotto le loro emissioni del 37% per effetto dell'abbandono del sistema socialista, mentre i paesi Annex II, sostanzialmente i paesi industrializzati occidentali, hanno aumentato le loro emissioni dell'8%. Tra questi paesi gli Stati Uniti, che contribuiscono per oltre il 40% alle emissioni serra totali, hanno aumentato le loro emissioni del 14%, mentre l'Unione Europea nel suo insieme, le ha diminuite del 3,5%. L'Italia, secondo i dati UN FCCC, tra i paesi Annex I, si configura nel 2000 come il settimo paese emettitore di gas serra.

Gli anni futuri indicano una ripresa per i paesi dell'Est europeo e per i paesi dell'Annex I, si profila un aumento del 10% delle emissioni serra, pur con l'attuazione delle misure previste per effetto, in particolare, dei trasporti. Sono dunque indispensabili misure supplementari.

Tra i gas serra regolati dal Protocollo, la CO₂ è il principale con una quota nel 2000 dell'82% (circa 80% nel 1990). Seguono il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O), che nel 2000 contribuiscono in termini di potere schermante globale rispettivamente per il 10% e il 6%, mentre gli idrofluorocarburi (HFC_s), i perfluorocarburi (PFC_s) e l'esfluoro di zolfo (SF₆) contribuiscono per circa il 2%, come nel 1990. Dal 1990 al 2000 le emissioni di CO₂ diminuiscono di circa l'1%. Nello stesso periodo le emissioni di metano diminuiscono del 21% e le emissioni di protossido di azoto del 5%. Le emissioni degli altri tre gas, invece, aumentano del 24%. Ragionando per settori sorgenti di emissioni di gas serra, nel periodo 1990-2000, le emissioni diminuiscono in tutti i settori con esclusione del settore trasporti e del settore energetico, dove si verifica un aumento rispettivamente del 20% e del 10%. Questo aumento è dovuto al contributo sia dei paesi Annex II (paesi sviluppati occidentali), per i quali è previsto un aumento del 17%, sia dei paesi in transizione (paesi dell'Est europeo e la Russia), dove si prevede una crescita economica superiore a quella del 1990-2000 e una riduzione delle emissioni del 14% inferiore a quella del periodo precedente.

In Europa le emissioni serra sono leggermente diminuite dopo due anni di aumento (-0,5% tra il 2001 e 2002), mentre erano cresciute dell'1,3% tra il 2001 e il 2001 e dello 0,2% tra il 1999 e il 2000. Le principali ragioni sono un clima più caldo e mite in molti paesi europei, una crescita economica rallentata, l'adozione di fonti energetiche a minor contenuto di carbonio (dal carbone e dall'olio combustibile verso il gas naturale), la messa in atto di misure per la riduzione delle emissioni serra. Tuttavia rispetto al 1990, nel 2002 la UE ha ridotto le sue emissioni solo del 2,8% e deve conseguire il -8% entro il periodo 2008-2012, se intende rispettare gli impegni presi nel Protocollo di Kyoto. Per essere in linea con questo target la media europea dovrebbe pertanto oggi essere almeno al -4,8% rispetto al 1990. Nel periodo 1990-2002 le emissioni di **CO₂** che contribuiscono per una quota di circa l'82% sono aumentate dell'1,4%, anche se nell'ultimo anno sono leggermente diminuite.

L'aumento della **CO₂** è dovuto principalmente all'aumento delle emissioni nel settore dei trasporti. Nello stesso periodo di riferimento le emissioni di **CH₄** e **N₂O**, che contribuiscono per una quota di circa l'8% ciascuno, sono invece diminuite, rispettivamente del 23% e 16,5%. Per quanto riguarda gli altri gas serra, si ha un aumento per gli **HFC₅** e una diminuzione per gli **PFC₅** e **SF₆**.

Le emissioni europee provengono principalmente dal settore energia, che contribuisce per circa l'81% e dal 1990 al 2002 sono aumentate dello 0,8%. Per la rimanente parte provengono dai settori agricoltura, processi industriali, rifiuti, uso di solventi e altri prodotti, cambiamenti d'uso del territorio, dove sono complessivamente in diminuzione.

Francia, Germania, Svezia e Regno Unito si sono molto impegnate per la riduzione delle loro emissioni andando anche al di là dei loro specifici obblighi. Francia e Regno Unito sono oltre il target. La Francia, che non doveva aumentare le sue emissioni entro il 2012 le ha, invece, ridotte dell'1,9%. Il Regno Unito è al -15% a fronte di un target 2012 del -12,5%. La Germania è a -19% rispetto al target di -21% e la Svezia è a -3,7% con un target di -4%: entrambe sono vicine all'obiettivo 2012. La riduzione delle emissioni in Germania è dovuta principalmente ai miglioramenti del sistema energetico dopo la riunificazione, mentre nel Regno Unito è legata al processo di liberalizzazione del sistema energetico e al passaggio dall'utilizzo di carbone e petrolio al gas naturale nella generazione elettrica. In Francia, nonostante la diminuzione complessiva delle emissioni, si registrano significativi aumenti di **CO₂** nel settore trasporti.

Vi sono però 11 paesi della Ue 15, tra cui Spagna, Portogallo, Irlanda, Austria, Italia, Danimarca e Grecia, che non hanno proceduto in modo efficace a onorare i propri impegni e sono lontani dai propri obiettivi anche in modo rilevante. La Spagna è il paese che più di altri è al di fuori dei suoi impegni: ha aumentato le sue emissioni del 39,4%, mentre aveva l'obbligo di contenerle entro il +15%. Il Portogallo le ha aumentate del 41% mentre ha l'obbligo di contenerle entro il +27%. L'Austria è lontana dal suo obiettivo di bel il 21,5%. Ad ogni modo le emissioni del Portogallo e dell'Austria non pesano significativamente sugli andamenti complessivi europei.

L'Italia, viceversa, grava in modo significativo sul totale delle emissioni europee, essendo il quarto produttore di gas serra dopo Germania, Regno Unito e Francia. L'Italia è lontana dal suo obiettivo di riduzione (-6,5% al 2008-2012) con un aumento delle emissioni nel 2002 del 9%. Ha diminuito le sue emissioni solo in una fase recessiva situata tra il 1991 e il 1994, poi le ha aumentate moderatamente nel triennio 1997-2001, che è la fase dei primi passi della prima delibera CIPE, a ritmi crescenti nell'ultimo triennio. Allo stato attuale gli anni 2010 e 2011, caratterizzati da una grande recessione economica segnano un'ulteriore diminuzione. Le emissioni in Italia dipendono soprattutto nel settore dei trasporti, nella produzione di energia elettrica, nel riscaldamento e nel condizionamento domestico.

La comunità Europea ha posto in essere un proprio sistema per lo scambio dei permessi di emissione (Cap and Trade), precedendo l'iniziativa della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici. Con la direttiva

2002/87/CE del Parlamento e del Consiglio viene definitivamente stabilito in forma obbligatoria uno schema per la concessione delle autorizzazioni alle emissioni di gas serra e per il commercio dei permessi di emissione (Emission Trading, Et) all'interno della Comunità. Si sviluppa così un processo iniziato nel 2000, che è parte integrante del Programma europeo per i cambiamenti climatici (European Climate Change Programme,) in coerenza con gli obblighi assunti dall'Unione per la implementazione degli impegni assunti a Kyoto.

Ciascun paese membro è tenuto a elaborare un piano nazionale di assegnazione dei permessi di emissione (PNA), nel quale devono essere determinate la quota totale di emissioni che il paese intende assegnare al complesso dei comparti oggetto della direttiva e le modalità di tale assegnazione. Il libero commercio dei permessi consente a ciascun soggetto industriale di realizzare l'obiettivo assegnato e all'intero sistema europeo di realizzare la riduzione delle emissioni pianificata con lo sforzo economico minimo.

L'ulteriore direttiva 2003/173 (detta Linking) assicura il collegamento dello schema dell'Emission Trading ai meccanismi flessibili del protocollo di Kyoto, compresa l'attuazione congiunta (Joint Implementation, Ji) e il meccanismo di sviluppo pulito (Clean Development Mechanism, Cdm). Tale connessione è opportuna e importante per conseguire sia l'obiettivo della riduzione delle emissioni, sia l'obiettivo dell'efficienza economica. Pertanto i crediti di emissione risultanti da detti meccanismi saranno riconosciuti ai fini del loro impiego in tale sistema.

I principali settori generatori di emissioni serra sono quelli di energia e trasporti, che emettono principalmente **CO₂**. E' dunque importante analizzare le previsioni di consumi energetici a livello mondiale.

La domanda globale di energia è in costante e consistente aumento. I dati dello scenario di riferimento della International Energy Agency (IEA) dell'Ocse indicano rispetto all'anno 2000 aumenti complessivi della domanda mondiale al 2010 e al 2030 del 20% e del 66%. Si tratta di previsioni di crescita elevate, ma riferite a un costo del barile di petrolio per cui è prevista una variazione progressiva tra 21 e 29 dollari Usa, mentre il dato di fine 2005 registra un prezzo prossimo a 70 dollari Usa sul mercato americano. Il petrolio rimane la fonte dominante, anche se l'aumento è inferiore rispetto a quello totale dei consumi, mentre è il gas che subisce gli incrementi maggiori. L'utilizzo del carbone aumenta anche con una crescita inferiore all'aumento totale.

Per le fonti rinnovabili si prevede un elevato aumento percentuale globale (più elevato in Italia grazie agli incentivi), ma tenendo conto del loro basso livello attuale, rimane marginale il loro contributo alla copertura mondiale di energia. Il nucleare aumenta di poco. Si prevede un aumento del gas e del carbone nella generazione elettrica con quote di sostituzione del petrolio.

Nel settore dei trasporti si conferma l'egemonia del petrolio. La maggior parte dell'aumento dei consumi energetici, più del 60% del totale, si ha nei paesi in via di sviluppo, mentre nei paesi industrializzati e nei paesi a economia in transizione si prevede, rispettivamente, un aumento del 30% e dell'8%.

Da questo scenario, che si basa sulle tendenze in atto e sulle politiche e misure già decise, anche se in assenza di una idonea pianificazione energetica, emerge che lo sforzo per puntare su un nuovo orientamento energetico, basato sulle fonti rinnovabili, il risparmio energetico e il riorientamento dei consumi dal lato della domanda, risulta insufficiente. Inoltre le elaborazioni dell'IEA non tengono affatto in considerazione l'influenza sugli aspetti economici e finanziari dell'esaurimento delle riserve di petrolio né della prossimità del picco di produzione, condizioni queste ultime che molti esperti ritengono vicine negli anni. L'IEA formula uno scenario alternativo in cui si tiene conto non solo delle politiche in atto ma anche di tutte le misure, orientate nel senso della riduzione dei consumi e della riduzione dei gas serra, che sono in discussione anche se non approvate. Per l'area dei paesi Ocse, nello scenario alternativo si ha una riduzione di consumi energetici di circa il 9% al 2030. Altrettanto significative sono le riduzioni di **CO₂**: al 2010, 2020

e 2030 vengono indicate rispettivamente riduzioni del 3%, 9% e 16%. Una riduzione del 16% al 2030 corrisponde a una minore emissione di 2.150 Mton di **CO₂**, valore pari alle emissioni attuali di Germania, Regno Unito, Francia e Italia.

La 11a conferenza della Parti della Convenzione climatica tenutasi a Montreal tra novembre e dicembre 2005 è anche il primo meeting (Mop 1) per la implementazione del Protocollo di Kyoto dopo la sua entrata in vigore. In controtendenza con gli avvenimenti seguiti alla ministeriale del WTO di Seattle del 1999, il meeting di Montreal, come poi la sessione WTO di Hong Kong del dicembre 2005, ha riscosso giudizi e valutazioni positivi da parte degli osservatori di ogni tendenza. E' possibile che la lunga stagione di scetticismo e anche di opposizione intransigente di tutti le sedi del negoziato multilaterale abbia finito per convincere i più che si stesse facendo il gioco della sponda Bush, apertamente ostile alle iniziative di governo planetario multilaterale.

Accade così che i successi dei due meeting di dicembre 2005, incerti per molti aspetti, vengano salutati con l'ottimismo dello scampato pericolo.

Ciò fa dire a Greenpeace che non accade spesso che in cose del genere si ottenga quasi tutto quello che si è richiesto. Il Protocollo di Kyoto è ora più forte e più vivo. Il primo Mop ha riconosciuto il grave rischio climatico che incombe sul pianeta, in particolare sui popoli più poveri.

Si è raggiunto l'accordo per dare rapidamente inizio a un nuovo round negoziale "post Kyoto" (2013-2017) e ne è stato dato incarico a un gruppo di negoziatori anche per assicurare continuità al mercato dei permessi di emissione. Si è programmato un piano quinquennale per assistere i paesi svantaggiati nel fronteggiare il cambiamento climatico con azioni di adattamento.

Ha dunque inizio la fase di implementazione che impegna i paesi che hanno ratificato il Protocollo a mettere in atto le politiche di riduzione delle emissioni, lo scambio dei permessi e i meccanismi flessibili. Tutti i paesi sono obbligati al reporting periodico e vengono attivate le misure di compliance, per scoraggiare la trasgressione del patto. Le parti si impegnano al continuo miglioramento dell'azione man mano che si apprenderà dall'esperienza di implementazione. Deve però ancora essere trovato in metodo per votare le risoluzioni comuni nei prossimi meeting.

I paesi sviluppati hanno definitivamente accolto il principio della "responsabilità comune ma differenziata" facendosi carico del sostegno dei paesi poveri nella lotta al cambiamento globale del clima. In cambio, i paesi del gruppo cosiddetto G7 + Cina hanno accettato di rompere il fronte sindacale e vi dovranno essere importanti differenze nel commitment tra i paesi del gruppo in funzione del diverso stato di sviluppo e dei diversi ruoli. L'ex presidente Bill Clinton ha ricordato ai paesi OCSE che spetta a loro promuovere vigorosamente l'energia solare ed eolica.

La revisione dell'accordo per una seconda fase del Protocollo è ora seriamente istituita e può consentire il coinvolgimento a medio termine di alcuni paesi del non Annex I. Il meeting di Montreal ha dato segnali chiari e inequivocabili che si intende andare molto oltre gli attuali obiettivi di riduzione. Inoltre verrà dedicata alla gestione forestale l'attenzione, finora mancata, che merita un processo di assorbimento carbonico così importante.

L'Italia nel 2005 ha consumato l'1% in più di energia rispetto al 2004, con un incremento economico dello 0,1%.

I consumi di energia sono quindi aumentati sensibilmente, anche in presenza di ristagno economico, mettendo in evidenza in deficit di regolazione del rapporto tra economia ed energia, con danno per l'ambiente e per la competitività del paese.

L'Italia è infatti un paese industrializzato, caratterizzato dalla massima indipendenza, insieme con il Giappone, dalle importazioni di combustibili, che deve ancora affrontare, in un quadro di competitività mondiale, le due sfide caratteristiche di questo inizio del 21° secolo:

- La riduzione dei gas serra, in accordo con il Protocollo di Kyoto – divenuto trattato internazionale il 16 febbraio 2005 – e con impegni successivi;
- La riduzione dei consumi fossili e in particolare di petrolio, in una situazione di mercato caratterizzata, per quest'ultimo, da difficoltà di risposta alla crescente domanda internazionale e da prezzi stabilmente elevati (aumenti soprattutto a causa di Stati Uniti, Cina, India, prezzi prevedibili non inferiori a 60 dollari al barile, con una stabilità sostanziale, al di là delle fluttuazioni annuali).

Il potenziale di intervento che risulta dalla tendenziale e possibile convergenza delle due sfide non è generalmente riconosciuto. L'impegno è di evidenziare questa possibilità in un'unica proposta progettuale corredata anche dell'aspetto economico-occupazionale.

Le dinamiche ricordate del degrado climatico e del mercato a pezzi elevati degli idrocarburi, proprio perché sono caratterizzate da profondità e continuità, danno luogo sia a difficoltà che a opportunità:

- Difficoltà, sia ambientali che economico-industriali, sempre più evidenti del modello energetico attuale, a causa di oneri sempre maggiori in futuro;
- Opportunità, in relazione ai vantaggi che possono provenire da una svolta sia culturale che operativa.

In breve, come e più di altri paesi, l'Italia ha buone ragioni per cambiare in profondità il suo modello energetico, raccogliendo positivamente la doppia sfida e fornendo un contributo attivo al quadro europeo.

Un altro aspetto che è indispensabile sottolineare è quello dei tempi stretti per la salvaguardia del clima. Il Consiglio europeo dei ministri dell'ambiente considera cruciali i prossimi 20 anni.

Il problema climatico è di piena attualità. Lo dimostrano, purtroppo, anche eventi catastrofici come l'uragano Katrina, che ha pressoché distrutto New Orleans, e che va spiegato nel quadro di una generale intensificazione dei fenomeni "estremi", dovuta molto probabilmente al riscaldamento globale. Ma entro i prossimi 10-20 anni è anche previsto il picco della produzione petrolifera.

E' quindi della massima importanza appoggiare e applicare fin da oggi le tecnologie che garantiscono un'energia efficiente e rinnovabile. Per esempio, le migliori tecnologie già disponibili nei settori dell'impiego efficiente, cogenerazione e rigenerazione, anche di piccola taglia, eolico e biomasse, permettono interventi da subito. Occorre inoltre associare a questi interventi un forte investimento sulle tecnologie più promettenti, ad esempio nel campo del fotovoltaico (nanotecnologie), del sequestro della **CO₂** dalle celle a combustibile, della produzione di idrogeno (con tecnologie avanzate, come in futuro l'uso di microrganismi), senza però sottoscrivere alcuna attesa miracolistica su questi progressi attesi e da promuovere.

Le statistiche dell'agenzia internazionale dell'energia sulla CO₂ per il congresso di Durban

L'agenzia internazionale per l'energia e i cambiamenti climatici, ha elaborato un documento sui livelli di contrazione, emissione e "distribuzione geografica" della **CO₂** da combustione, in preparazione della conferenza di Durban in Sud Africa del 28 novembre 2011 sui cambiamenti climatici (COP 7) e sull'evoluzione e implementazione del protocollo di Kyoto (CMP 17)

La pubblicazione annuale analizza e contiene le stime delle emissioni di CO₂ dal 1971 al 2009 per ogni nazione ed indicatori sulle CO₂procapite, CO₂/Kwh, ecc

- Analisi evolutiva 2009 rispetto al report 2008

Mentre le immissioni dei paesi in fase di sviluppo (non Annex I) continuano a crescere rispetto agli anni passati, nonostante la crisi globale economico-finanziaria, del 3,3% , le emissioni dei paesi industrializzati (Annex I) seguono una riduzione del 6,5% rispetto ai livelli del 1990. I livelli globali di emissione di **Co₂** sono calati di 0,5 Gt tra il 2008 e il 2009 rappresentando una riduzione dell'1,5%.

I cambiamenti non sono uniformemente distribuiti su tutti i combustibili. Ad esempio, l'incremento delle emissioni di parti delle nazioni in fase di sviluppo, vede un aumento della domanda energetica da carbone, con modesti incrementi di petrolio e gas. Al contrario, la riduzione delle emissioni dei paesi industrializzati, vede una forte riduzione della richiesta di carbone (circa il 53%) e una più limitata riduzione dell'uso di petrolio e gas.

Tutti gli indicatori di **Co₂** sullo sviluppo delle emissioni globali, lasciano intravedere che nel 2010 si è avuto un incremento delle emissioni climalteranti a causa del largo consumo di combustibili fossili in alcune grandi nazioni in corso di sviluppo (Cina, India, Brasile). Lo scenario emissivo presentato nel 14° Report all'IPPC (2007) permette di stimare che la temperatura mondiale crescerà tra i 2,4°C e 6,4°C entro il 2100. Nel 2009 il 43% delle emissioni di **Co₂** è frutto della combustione di carbone, il 37% di petrolio e il 20% da gas naturale.

Il dato del carbone è contemporaneamente allarmante in quanto la sua combustione non solo implementa il riscaldamento globale, ma anche l'inquinamento atmosferico, ma rispetto al 2008 il suo "consumo" è calato dell'1%. I paesi che vedono un massiccio utilizzo di carbone nella produzione industriale sono Cina e India.

Il consumo e le emissioni di petrolio rispetto al 2008 sono calate del 2,2%. Questa riduzione è frutto sia di una "contrazione" mondiale della richiesta di energia primaria, sia dell'aumento del consumo di carbone da parte di nazioni in corso di sviluppo, sia della parziale conversione di varie centrali a gas. Le emissioni di gas naturale, infatti, hanno subito, rispetto al 2008, un incremento del 2,2%.

Dal punto di vista "geografico" i due terzi delle emissioni globali nel 2009, sono generate da 10 nazioni; le prime due sono Cina e Stati Uniti che hanno livelli di emissione ben superiori di vari punti percentuali rispetto alle altre 8 nazioni. Nel periodo dal 2008 al 2009 si registra una riduzione delle emissioni in altre zone: dall'1,5% in Africa fino al 7,4% degli stati Europei AnnexII.

I due settori che da soli producono i due terzi delle emissioni di **Co₂** sono i trasporti e la generazione di energia elettrica e termica. La sola generazione di energia termica ed elettrica, rappresentano il più grande settore di produzione di gas climalteranti con il 41%. Nazioni come l'Australia, la Cina, India, Polonia e Sud Africa producono tra il 68% e il 94% della loro energia elettrica e termica attraverso la combustione di carbone.

Si stima che entro il 2035 la domanda di elettricità sarà $\frac{3}{4}$ volte più alta rispetto a quella attuale. Questo incremento sarà determinato dalla crescita demografica, dalla crescita di paesi in via di sviluppo e dall'andamento dei fabbisogni per usi degli edifici domestici e commerciali e dal largo uso di energia elettrica nella produzione industriale.

Con queste analisi e statistiche, l'agenzia internazionale dell'energia, ha fornito una base tecnica (anche se con qualche carenza dovuta alla mancanza di dati più aggiornati) per la conferenza internazionale sul clima di Durban.

2.2 Selezione e reperimento dei casi studio.

Nell'ambito dei tre anni di dottorato di Ricerca, a seguito dell'attività svolta presso la Facoltà di Architettura di Ferrara, è stata compiuta una campagna di audit energetico che ha portato a rilevare le condizioni energetico-ambientali "ex novo" di due realtà territoriali (Parma e i comuni dell'alto appennino modenese); di collaborare all'aggiornamento del piano energetico di Reggio Emilia e di elaborare modelli di analisi energetici per nuovi piani particolareggiati nel territorio di Cervia.

L'analisi energetica svolta nelle varie realtà territoriali attraverso la definizione dei dati con metodologia top-down o bottom up, ha permesso una ricognizione del fabbisogno energetico del territorio nel corso degli anni utilizzando come primo anno di osservazione il 1990; anno che, secondo gli accordi internazionali di Kyoto è considerato per la valutazione delle emissioni climalteranti.

L'analisi storica annuale, ha permesso di rappresentare l'andamento dei fabbisogni e delle emissioni a seguito di "scelte" o "mancate scelte" fatte sul territorio in termini di efficienza energetica.

Dopo aver ottenuto lo storico dei consumi, gli scenari di sviluppo futuri sono stati spinti fino al 2020, anno preso in considerazione dal pacchetto clima-energia della Comunità Europea.

Nella casistica dei due piani urbanistici che hanno una dimensione ridotta rispetto agli altri studi, l'analisi svolta mirava a prevedere i fabbisogni e le possibili compensazioni ottenute con le migliori tecnologie rinnovabili ed assimilate. Tale pianificazione può rappresentare un possibile esempio di piano di sviluppo degli edifici ad energia quasi zero prevista dalla direttiva 2010/31/UE.

Vista l'impossibilità di presentare un riassunto, l'intero campionario dei dati rilevati per ogni territorio analizzato, si è deciso di presentare gli aspetti più significativi che permettono di replicare lo studio ad altre realtà.

In tabella, a seguito allegata, riporta in dettaglio i parametri energetici, sociali, ambientali analizzati durante la creazione del modello del territorio. Per ogni voce viene indicato il significato, il motivo del suo rilievo in chiave di riscontro energetico e il suo significato in prospettiva del modello di valutazione energetica dei territori.

Parametro	Definizione ed incidenza sulla definizione dei fabbisogni sterici territoriali	Significato funzionale alla valutazione energetica parametrica e agli scenari futuri della pianificazione energetica
Macro localizzazione del territorio	L'ubicazione della porzione di territorio oggetto di analisi permette di caratterizzare i principali climatici, nonché le tipicità ambientali intrinseche al territorio stesso	L'identificazione di tipicità o caratteristiche particolari, permette di adottare metodologie/tecniche di efficientamento capaci di preservare maggiormente le caratteristiche ambientali dei luoghi
Popolazione	L'analisi storica dei residenti permette di studiare la domanda energetica specifica del territorio e le relative quote pro-capite di energia e di emissioni	La caratterizzazione, anche anagrafica e i flussi migratori, permettono di costruire scenari di sviluppo del territorio stesso

Gradi giorno	L'utilizzo di dati climatici esterni reali, messi a sistema con le temperature degli ambienti riscaldati interni, permette di caratterizzare la stagione di climatizzazione invernale	Non potendo prevedere le future condizioni climatiche, vengono ipotizzati i gg previsti dall'allegato A del DPR 412/93
Superficie utile media delle abitazioni	Permette di analizzare il fabbisogno specifico del parco immobiliare esistente nel tempo analizzandone le caratteristiche di efficienza rispetto alle attuali imposizioni normative	Prevedendo interventi di efficientamento energetico è possibile analizzare e stimare il miglioramento energetico-ambientale
Numero di alloggi	Associato al dato precedente permette una migliore e più completa analisi del settore civile che esiste su quel territorio	Associato all'aspetto sopra riportato, permette una migliore relazione anche con le previsioni degli strumenti urbanistici del territorio stesso.

2.3 Il sistema metropoli

L'ecosistema urbano di "metropoli" presenta caratteristiche energetico-ambientali diverse da quelle di sistemi naturali o con un basso livello di antropizzazione.

- Il ciclo della materia è aperto. Nella trasformazione delle materie prime in merci, nella produzione e nel consumo delle stesse merci, si ha la produzione di rifiuti che solo in parte possono essere riciclati;
- Il flusso energetico è oggi basato prevalentemente su fonti non rinnovabili (petrolio, carbone, gas naturale), ad alto contenuto energetico, concentrabili ed accumulabili.
- La dissipazione di energia e l'aumento dell'entropia, sono maggiori rispetto al processo antropico naturale, proprio per l'elevata concentrazione della struttura urbana, dei servizi e della produzione;

Le città possono essere quindi definite come degli "ecosistemi". Nelle città e nelle metropoli si sta concentrando oltre il 50% della popolazione umana del nostro pianeta; l'urbanesimo è un fenomeno in continua crescita come evidenziato dagli studi dell'ONU sullo stato del pianeta Terra.

Tuttavia le città tendono a rappresentare un "ecosistema vulnerabile" dal punto di vista energetico.

Le città o le metropoli o le aree metropolitane ad alta densità urbana ed industriale che si sono formate dalla rivoluzione industriale ad oggi, sono sorrette energeticamente da un complesso ed articolato "sistema infrastrutturale a rete" (elettrodotti, oleodotti, metanodotti e gasdotti) che integrati al "sistema dei trasporti" (ferrovie, strade, autostrade, vie d'acqua, aeroporti) garantisce il convogliamento di grandi quantità di energia primaria (petrolio greggio, gas naturale, carbone); di energia secondaria (derivati del petrolio, energia elettrica), di energia incorporata nelle merci (alimenti, manufatti, prodotti chimici).

La città può essere paragonata ad una grande macchina per la produzione di merci, la cui efficienza potrebbe essere misurata dal rapporto energia in entrata/energia in uscita oppure merci prodotte/rifiuti.

Il modello è, ovviamente, molto semplificato rispetto a quello che avviene in realtà, infatti non è tutto riconducibile solamente ad aspetti energetici, ma devono essere presi in considerazione anche indicatori economici, sociali e culturali.

Il flusso energetico verso le aree ad alta densità antropica innesca processi sinergici (di feedback positivo) con un aumento accelerato dei consumi:

maggiore disponibilità di energia → maggiori consumi → maggiori infrastrutture → maggiore disponibilità di energia → nuovi insediamenti → maggiori consumi e così via.

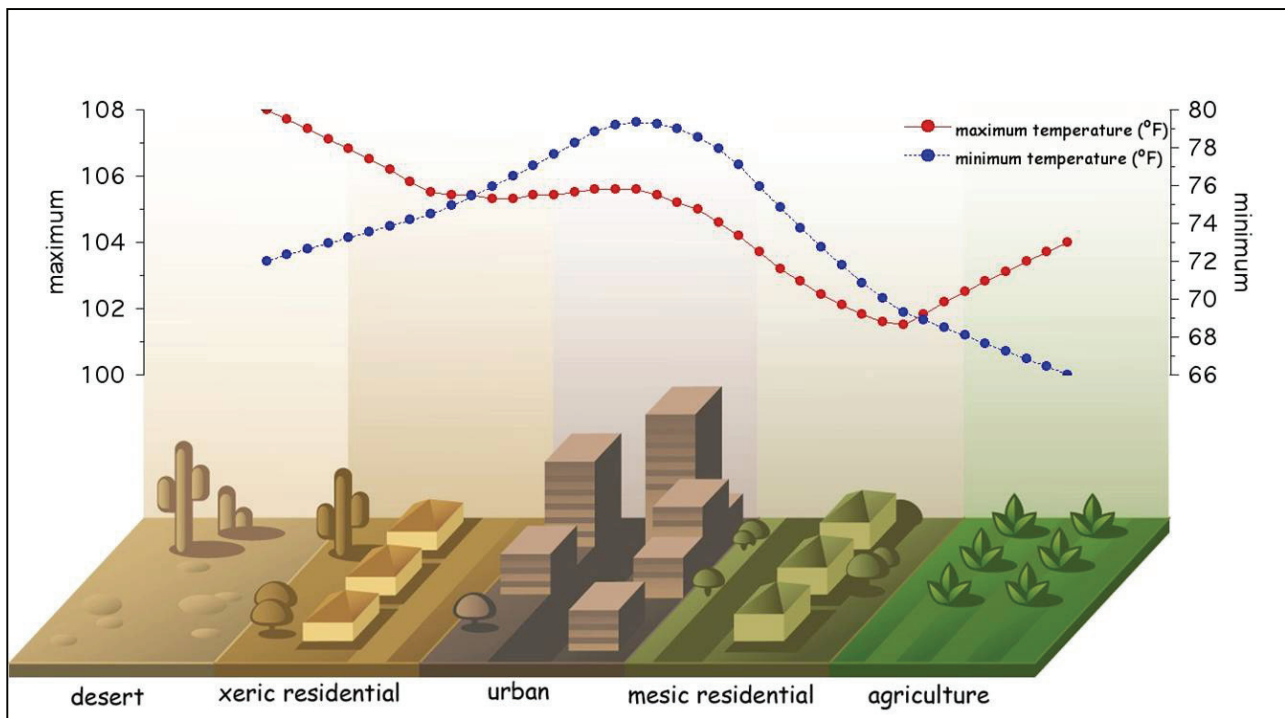


Figura 1: Anadamento delle temperature in prossimità di territori urbanizzati (Fonte: EPA)

Si può quindi affermare che l'ecosistema cittadino è, dal punto di vista energetico, il meglio rifornito e il più stabile nel tempo. Tuttavia questa "abbondanza forzata" in continuo aumento, rende tale sistema strutturalmente instabile e vulnerabile, così come può essere, in termini di principio, spiegato dalla teoria delle strutture dissipative. Per strutture dissipative si intendono sistemi aperti che scambiano energia e massa con il loro ambiente.

Una città, così come il corpo umano, è un esempio di sistemi aperti e, più in generale, di strutture dissipative che conservano la loro natura/struttura grazie ad un continuo flusso di energia e di materia. Tanto più la struttura dissipativa è complessa, tanto più è integrata e collegata e quindi tanto maggiore è il flusso energetico che richiede per conservarsi.

La riorganizzazione tende sempre verso un livello più elevato di complessità, di integrazione di interconnessione e quindi verso un maggiore flusso energetico.

Ogni riordinamento successivo, essendo più complesso di quello che lo ha preceduto, è ancora più vulnerabile rispetto alle fluttuazioni e al riordinamento. Quindi la complessità crea le condizioni per una maggiore instabilità che a sua volta crea il presupposto per una maggiore riorganizzazione e per un'accelerazione dello sviluppo evolutivo e del flusso energetico.

Questo processo comporta un aumento complessivo dell'inquinamento ambientale ed una accelerazione del processo di degrado energetico.

L'uomo non può fermare il tempo, ma può rallentare il processo antropico favorendo la transizione ad uno stato di minima entropia.

2.3 Distribuzione dell'energia nel territorio

L'energia è distribuita nel territorio in vari modi: il sistema a rete, come ad esempio gli elettrodotti, è quello più funzionale e più diffuso per il trasporto dell'energia elettrica e di combustibili liquidi e solidi.

Per quanto riguarda la domanda di energia termica, le utenze possono essere servite in due modi:

- a) Fornitura dell'energia primaria (combustibile) che viene trasformata in calore dall'utenza stessa,
- b) Fornitura diretta all'utenza del calore finale

Sui territori la gestione del “servizio calore” si è sviluppata, principalmente, attraverso due sistemi a rete che forniscono l'utenza finale, rispettivamente:

- Il gas naturale secondo la logica del punto a)
- Un fluido caldo, solitamente acqua con temperatura compresa tra gli 80° e 180° C secondo la logica del punto b)

La rete di distribuzione del metano e il teleriscaldamento sono due sistemi a rete, tra loro alternativi, finalizzati alla fornitura di energia termica; il primo fornisce energia primaria all'utenza che deve provvedere alla trasformazione attraverso generatori di calore o più genericamente macchine termiche; il secondo fornisce energia finale direttamente utilizzabile perché già trasformata. Rimane, ma in quota parte ridotta, la consegna di combustibili di derivazione petrolchimica (GPL, gasolio) alle utenze puntuali. Si tratta di aree non metanizzate solitamente isolate.

Il teleriscaldamento e il gas naturale rispetto al gasolio e al GPL riducono l'impatto ambientale specialmente per la sensibile riduzione dell'inquinamento atmosferico dovuto agli ossidi di zolfo e polveri.

Nel caso la rete di teleriscaldamento sia alimentata da una centrale in assetto cogenerativo (preferibile dal punto di vista termodinamico), si ha un corretto uso dell'energia ed inoltre, questo sistema, assicura anche, a parità di servizio d'utenza (energia elettrica e calore) una minore produzione di anidride carbonica.

Quando il riscaldamento urbano fa capo ad una centrale cogenerazione da cui il calore è distribuito all'utenza a mezzo di un fluido caldo immesso in rete, il risparmio energetico ottenuto è tale, nella maggior parte dei casi, da compensare i maggiori costi di una rete tradizionale che distribuisce il combustibile (metano). Tale aspetto si verifica se la densità lineare di utenze è sufficientemente alta da compensare, con il risparmio energetico, i maggiori costi del sistema.

L'esperienza italiana di teleriscaldamento, si riferisce principalmente ad impianti di ex aziende municipalizzate, che gestiscono anche il metano inteso sia come fornitura, sia come connessione e manutenzione di rete. Sulla base di dati e osservazioni, specialmente nella realtà emiliano-romagnola, di carattere economico, la compatibilità tra i due sistemi è possibile, anche se la bassa densità lineare degli edifici e dei fruitori termici (città con sviluppo orizzontale) rendono il teleriscaldamento non molto appetibile rispetto al metano.

Fin dai primi decenni del secolo in alcune città europee e nordamericane, sono in funzione impianti centralizzati di grandi dimensioni per la generazione e la distribuzione del calore ad insediamenti abitativi e a vasti agglomerati urbani.

Le circostanze che hanno favorito il diffondersi nelle città del Nord e dell'Est europeo di reti di teleriscaldamento, spesso alimentate da centrali con produzione combinata di elettricità e calore, vanno ricercate soprattutto nelle condizioni climatiche e nell'esistenza di una forte pianificazione economica.

Il neologismo “teleriscaldamento” indica il riscaldamento centralizzato a distanza di un quartiere o di un'intera città, dalla parola tedesca “Fernheizung”.

Gli aspetti positivi che caratterizzano un impianto di teleriscaldamento sono diversi, il più rilevante è da individuarsi nel fatto che l'elevata potenza termica immessa nella rete di distribuzione giustifica la realizzazione di una centrale con produzione combinata di calore ed energia elettrica, in pratica un uso più corretto dal punto di vista termodinamico del contenuto energetico del combustibile utilizzato.

Rispetto alla soluzione tradizionale, la richiesta di energia, termica ed elettrica, da parte dell'utenza viene soddisfatta con una quantità di combustibile inferiore.

Un vantaggio rilevante è poi rappresentato dalla diminuzione, a parità di energia utilizzata, dell'inquinamento atmosferico, sia per il minor combustibile bruciato, sia per la possibilità di un miglior controllo dei gas di combustione in una centrale di grande potenza, e dell'inquinamento termico, in quanto il calore normalmente scaricato nell'ambiente da un ciclo termodinamico viene recuperato e utilizzato per riscaldamento.

Le caratteristiche peculiari di un sistema combinato di cogenerazione/teleriscaldamento sono:

- Flessibilità rispetto all'energia primaria impiegata e alla situazione di mercato dei combustibili;
- Corretto uso dell'energia e quindi contenimento dell'impatto ambientale;
- Possibilità di allacciare utenze per le quali è problematico o impossibile adeguare le centrali termiche all'uso del gas.

A fronte di questi vantaggi, un impianto di cogenerazione e distribuzione del calore a distanza richiede notevoli investimenti e tempi lunghi di realizzazione ed è quindi necessaria un'accurata analisi tecnico economica che programmi tempi e modi di finanziamento e di realizzazione delle opere.

Ogni sistema di teleriscaldamento è composto da una o più sorgenti di calore, da una rete di distribuzione del fluido termovettore e dalle apparecchiature di utenza, connesse alla rete mediante sottostazioni di scambio termico.

Le utenze possono essere edifici adibiti ad abitazione, ad attività industriali o terziarie, che possono coprire tutto o parte del fabbisogno termico per riscaldamento, condizionamento, produzione di acqua calda sanitaria o di fluidi per uso tecnologico.

Nel sistema di produzione dell'energia si ha una netta separazione tra energia elettrica e calore; mentre il fabbisogno termico è soddisfatto da una produzione locale, utenza per utenza, il carico elettrico è coperto mediante un sistema di produzione e distribuzione centralizzato gestito da TERNA (alta tensione) o da ENEL (media e bassa tensione).

La produzione centralizzata del calore induce risparmio energetico per il rendimento più elevato dai grandi impianti rispetto ai piccoli sistemi autonomi, riduce le spese di esercizio e manutenzione, consente l'applicazione di sistemi di controllo più affidabili.

Infine la sostituzione di un sistema di produzione dell'energia ad alto consumo di combustibile con uno ad alta densità di capitali, ha ricadute positive sulla domanda interna e sull'occupazione.

2.4 Metodologia per la programmazione energetica del territorio – pianificazione energetica e pianificazione territoriale

L'elaborazione di un piano energetico territoriale strettamente integrato con gli strumenti di pianificazione più tradizionali (PRG, PPA, ecc) è un momento di sintesi, di verifica e di coordinamento di tutta una serie di azioni che hanno come obiettivo un uso più razionale dell'energia con un impatto ambientale minimo e favorevole bilancio costi/benefici. La pianificazione energetica è piuttosto complessa e anche gli strumenti legislativi (in particolare l'articolo 5 della legge 10/91), se da un lato svolgono una azione positiva obbligando gli enti locali, le regioni e i comuni con più di 50.000 abitanti ad effettuare delle scelte di pianificazione, dall'altro definiscono in modo generico gli obiettivi e soprattutto i criteri con i quali devono essere formulati i piani.

Le difficoltà incontrate dagli enti locali sono dimostrate dall'esiguo numero dei piani elaborati e dai contenuti che spesso non soddisfano le finalità del Piano Energetico Nazionale per il loro approccio eccessivamente settoriale.

La pianificazione è stata intesa, per lo più, come un processo di ottimizzazione vincolato dalla necessità di soddisfare le esigenze energetiche dell'utenza con diversi vettori energetici; ma è in gran parte disatteso uno degli obiettivi della legge 10/91, che è quello di integrare le scelte energetiche con quelle territoriali.

La programmazione integrata rappresenta un'alternativa valida allo schema tradizionale perché consente, sulla base di indicazioni settoriali, di formulare proposte di carattere più generale in grado di suggerire, nel rispetto dei vincoli normativi in campo energetico, urbanistico ed ambientale, soluzioni efficaci a problemi economico-sociali della collettività.

La programmazione energetica territoriale deve nascere da una stretta collaborazione tra esperti di problemi energetici, urbanistici, tecnologici ed economisti.

L'obiettivo è di fornire agli utenti nei vari settori, dalla residenza all'industria, dai trasporti all'agricoltura, servizi energetici efficienti ed affidabili.

La razionalizzazione dei consumi, che può essere attivata ricorrendo a diverse forme di risparmio energetico (con provvedimenti passivi, attivi o strutturali), così come i vincoli ambientali previsti dalla normativa vigente, non possono e non devono essere considerati il fine ultimo della programmazione, ma strumenti per promuovere presso gli utenti le nuove tecnologie energetiche e le fonti rinnovabili.

Vincoli di tipo economico e sociale, infatti, possono rendere improponibili soluzioni che massimizzano il contenimento dei consumi di fonti primarie.

Un errore frequente è quello di considerare la programmazione energetica del territorio esaurita nel momento in cui viene emesso il documento finale, mentre un aspetto di grande interesse si manifesta nel momento in cui molti operatori esterni, tecnici di enti locali, aziende energetiche municipalizzate, associazioni ambientaliste e anche singoli cittadini offrono in modo diretto o indiretto un loro contributo.

Lo stretto legame delle scelte energetiche con quelle economiche e tecnologiche rende il piano uno strumento dinamico, soggetto a continue revisioni, ed il documento finale richiesto per soddisfare gli obblighi di legge dovrebbe costituire un punto di partenza per un modello di sviluppo in cui energia e ambiente diventano due aspetti di uno stesso problema.

Lo studio di tutti i processi di trasformazione dell'energia nei vari comparti consente di individuare le possibilità di recupero energetico e di corretto uso delle risorse in ambito territoriale. Poichè i flussi di energia interessano direttamente il territorio fino a modificarne vocazione e morfologia, viene stabilito uno stretto legame tra pianificazione territoriale e pianificazione energetica.

Le strutture pubbliche preposte alla pianificazione devono introdurre una rilettura del territorio in chiave energetica, da un lato per correggere o modificare situazioni di incompatibilità ambientale o di uso non razionale delle risorse, dall'altro per proporre progetti di più ampio respiro.

La lettura in chiave energetica del territorio può consentire di sfruttare una delle risorse rinnovabili più interessanti e sicure: il risparmio energetico. La mappatura energetica può evidenziare, ad esempio, zone industriali in cui si verifica una produzione di calore che nell'ambito del ciclo produttivo non può essere sfruttato e zone, come quelle residenziali, nelle quali il calore a temperatura relativamente bassa viene prodotto dalla combustione. Ecco allora che la possibilità di trasferire il calore attraverso una rete di teleriscaldamento dal punto di produzione al punto di utilizzo, può rappresentare una serie di vantaggi: per l'industria che riesce a ridurre i costi di gestione, per il comparto residenziale che può ottenere un servizio a costi più bassi, per il territorio che presenta un minore inquinamento atmosferico e termico.

I fruitori della pianificazione energetica sono gli enti locali e, per essi, le aziende municipalizzate incaricate della gestione dell'energia e dell'ambiente; anche il Piano Energetico Nazionale (PEN) conferisce agli enti locali un ruolo preminente nella corretta gestione dell'energia e nella promozione di politiche di risparmio energetico, intese non tanto come forme di austerità imposta, ma come un mezzo per il sostegno della produzione e dello sviluppo economico.

Il ruolo preminente degli enti locali nella pianificazione energetica appare evidente da una serie di considerazioni di carattere generale:

- Gli interventi di pianificazione territoriale, di pertinenza dei comuni, interferiscono pesantemente con il sistema energetico; il piano regolatore generale implica la localizzazione dei poli di domanda in relazione ai poli di offerta, la definizione della rete viaria, delle infrastrutture di trasporto pubblico ecc.
- La maggior parte dei comuni opera attraverso le aziende municipali e consortili in settori che sono direttamente o indirettamente collegati all'energia (distribuzione del gas, dell'energia elettrica, raccolta e smaltimento rifiuti, trasporto pubblico, ecc);
- I comuni sono importanti utenti di energia ed il loro comportamento deve essere esemplare;
- I comuni e gli altri enti locali sono responsabili della corretta informazione in campo energetico ed ambientale;
- Il processo di trasformazione e di distribuzione dell'energia che consente di fornire servizi quali trasporti, riscaldamento, illuminazione, energia elettrica per i processi produttivi, provoca un impatto che deve essere controllato da parte degli enti pubblici preposti.

L'integrazione del piano energetico con gli altri piani territoriali richiede una definizione del bacino d'utenza sul quale operare.

L'obbligo imposto dalla legge di redigere il piano energetico per i comuni con almeno 50.000 abitanti, sembra disincentivare aggregazioni territoriali o consorzi tra comuni che costituirebbero un'entità più rappresentativa per la discussione e la proposta di interventi in campo energetico.

E' infatti discutibile associare l'intensità energetica al numero di abitanti, quando esistono sul territorio, ad esempio, attività del terziario o industriali, caratterizzate da un elevato consumo energetico.

Le disposizioni contenute nella legge 10/914 in tema di pianificazione energetica assegnano alle regioni l'obbligo di predisporre un piano relativo all'uso delle fonti rinnovabili di energia che dovrà contenere in particolare:

- a) Il bilancio energetico regionale;
- b) L'individuazione dei bacini energetici territoriali;
- c) La localizzazione e la realizzazione degli impianti di teleriscaldamento;
- d) L'individuazione delle risorse finanziarie da destinare alla realizzazione di nuovi impianti di produzione di energia;
- e) La destinazione delle risorse finanziarie, secondo ordine di priorità relativo alla quantità percentuale e assoluta di energia risparmiata, per gli interventi di risparmio energetico;
- f) La formulazione degli obiettivi secondo priorità d'intervento;
- g) Le procedure per l'individuazione e la localizzazione di impianti per la produzione di energia fino a 10 MW elettrici per impianti installati al servizio dei settori industriale, agricolo, terziario, civile e residenziale, nonché per gli impianti idroelettrici.

L'articolo 6 impone alle regioni di individuare le aree che risultano idonee alla realizzazione di impianti e di reti di teleriscaldamento nonché i limiti ed i criteri nel cui ambito le amministrazioni dello Stato, le aziende autonome, gli enti pubblici, gli istituti di previdenza e assicurazione, devono privilegiare il ricorso all'allaccio a reti di teleriscaldamento dei propri immobili.

La pianificazione energetica a livello comunale deve adeguarsi alle linee guida generali definite dalle regioni che, attraverso le proprie strutture, dovranno acquisire, e quindi rendere disponibili, dati relativi ai fabbisogni degli utenti finali ed al tipo di vettore energetico che essi utilizzano. Sulla base di un bilancio energetico, verranno poi individuati gli interventi progettuali per l'uso di risorse rinnovabili locali non ancora sfruttate.

Dovrebbe infine essere individuato il bacino energetico in relazione alle caratteristiche, alle dimensioni ed alle esigenze dell'utenza ed alla disponibilità di fonti rinnovabili di energia, al risparmio energetico realizzabile ed alla preesistenza di altri vettori energetici. Le indicazioni contenute negli studi elaborati a livello regionale dovrebbero essere flessibili per permettere variazioni nell'assetto territoriale del bacino causate dalla dinamica demografica, dallo sviluppo di attività produttive, dalla limitata disponibilità di risorse e infrastrutture.

Delle tre componenti che definiscono l'assetto energetico del territorio, domanda, risorse locali e vettori energetici, la prima configura la dimensione del bacino e delinea le strategie di pianificazione a livello comunale quali il risparmio e l'uso di fonti energetiche rinnovabili.

La pianificazione energetica presuppone una dettagliata conoscenza del sistema in esame. Per rendere incisive le proposte di intervento è infatti necessario che il territorio in esame sia caratterizzato da una realtà insediativa e produttiva omogenea e da una struttura amministrativo-istituzionale definita.

Un piano energetico, comunale o comprensoriale, può risultare più efficace se si verificano delle ricadute negli strumenti urbanistici e di settore; la pianificazione integrata deve comportare delle sinergie positive a vari livelli.

La riduzione dei consumi energetici e dell'impatto ambientale determinato dal traffico, rappresenta uno degli obiettivi del piano energetico; tuttavia proposte quali l'incentivazione all'uso del mezzo pubblico oppure la creazione di strutture di controllo delle emissioni degli autoveicoli sono poco efficaci se non si integrano nel piano dei trasporti.

Ad esempio l'obiettivo del risparmio energetico in edilizia si può perseguire attraverso il regolamento edilizio imponendo la riqualificazione energetica e l'uso di fonti energetiche rinnovabili, almeno nei casi in

cui l'edificio è di nuova costruzione o radicalmente ristrutturato. Nel passato i regolamenti edilizi hanno rappresentato, in alcuni casi, un ostacolo all'attuazione di determinati interventi quando ad esempio la realizzazione di una coibentazione termica delle strutture è stata considerata aumento di volume.

Un ruolo importante nella pianificazione energetica può essere svolto dai Piani Pluriennali di Attuazione (PPA) o POC (piani operativi comunali) che consentono di verificare a livello comunale la concreta attuazione e gestione delle scelte operate all'interno del Piano Regolatore Generale.

I PPA o PUA, da redigere con cadenza almeno quinquennale, potranno costituire, anche in campo energetico, lo strumento di programmazione del PRG o PSC e come tali dovranno indirizzare le risorse economiche verso la realizzazione di una razionale politica dell'energia.

L'obiettivo dei PPA o PUA è innanzi tutto conoscitivo e deve evidenziare le necessità finanziarie, pubbliche e degli operatori privati, anche in campo energetico.

Definite le risorse, i comuni sono in grado di valutare quali parti del piano energetico realizzare. I PPA, infine, dovrebbero monitorare la validità dei piani energetici comunali con indicatori dell'attendibilità delle previsioni attraverso un confronto tra risorse economiche e fabbisogni.

2.5 Impostazione metodologica della pianificazione energetica

La formulazione delle politiche di intervento nel settore energetico si può sviluppare in quattro fasi:

- Analisi della situazione di base e determinazione delle linee di tendenza nel quadro dei rapporti offerta-domanda di energia;
- Definizione delle tecniche di valutazione delle politiche di intervento;
- Definizione delle politiche di intervento idonee al conseguimento degli obiettivi energetici;
- Definizione delle azioni da attuare in relazione alle politiche adottate, valutandone la fattibilità amministrativo-procedurale;

e consente di conoscere i sistemi energetici e le strutture di produzione e utilizzo dell'energia, di individuare i possibili interventi per il risparmio di energia, di valutare l'impatto economico ed ambientale degli interventi. La metodologia adottata deve fornire procedure e strumenti tecnici utilizzabili dalle strutture pubbliche per:

- Raccolta dati;
- Bilancio energetico preliminare,
- Analisi approfondita della domanda di energia;
- Analisi approfondita dell'offerta di energia;
- Metodi di analisi e di valutazione;
- Sistema informativo.

Più in dettaglio le fasi di analisi di un sistema energetico territoriale possono essere così organizzate:

1. Raccolta dei dati e delle informazioni esistenti in materia energetica, socio-economica e ambientale;

2. Redazione di un bilancio energetico preliminare e costruzione di indicatori economico-energetici;
3. Approfondimento conoscitivo di uno o più settori,
4. Elaborazione di un bilancio energetico integrato attraverso una definizione più accurata dell'offerta, e una disaggregazione della domanda di energia per usi finali (alta, media, bassa temperatura, ecc);
5. Definizione delle ipotesi di intervento e raffronto tecnico-economico;
6. Simulazione nel medio-lungo periodo della domanda di energia conseguente.

2.6 Le fasi di analisi

Entrando nel merito della metodologia sono a seguito descritte brevemente le singole fasi di analisi previste.

Raccolta dati

Questa fase consiste nella raccolta e nell'organizzazione dei dati e delle informazioni necessarie alla creazione di una banca dati energetica, economica, strutturale ed ambientale, aggiornabile periodicamente.

Le schede di rilevamento dati devono essere facilmente inseribili nel sistema informativo e possono essere suddivise in due categorie:

- Schede indirizzo: per individuare e catalogare le istituzioni e gli organismi statali e territoriali in grado di disporre di dati utili all'analisi del sistema energetico;
- Schede dati: per effettuare il rilevamento e inserirli nella banca dati.

Le informazioni, contenute nelle schede, sono riconducibili a quattro gruppi fondamentali: dati strutturali, dati energetici, dati economici e dati ambientali.

Il bilancio energetico preliminare

Il bilancio energetico preliminare permette di descrivere, in termini quantitativi, il flusso delle fonti di energia, riferito a un periodo determinato e a un dato sistema economico, relativamente alla produzione, importazione, esportazione, trasformazione e utilizzazione. L'obiettivo è quello di fornire un primo quadro conoscitivo della situazione energetica del territorio in esame, attraverso l'individuazione delle specificità territoriali, delle correlazioni tra energia e variabili socio-economiche, della previsione sulla domanda e sull'offerta di energia. La significatività del bilancio energetico e la sua aderenza agli obiettivi sono conseguenti al livello di disaggregazione delle fonti, dei prodotti energetici e dei settori di impiego finali.

La redazione del bilancio energetico avviene automaticamente, all'interno del sistema informativo, utilizzando le informazioni contenute nelle schede di raccolta dati.

Individuazione dei settori e delle aree di interesse ai fini della programmazione energetica

Il problema di una razionalizzazione dell'uso dell'energia si presenta con modalità diverse a seconda delle caratteristiche economiche, produttive e sociali del territorio e può essere affrontato individuando le aree territoriali significative e le rispettive interdipendenze. L'analisi più dettagliata permette di individuare e razionalizzare le eventuali successive indagini energetiche e di ottimizzare gli interventi di risparmio e sfruttamento di risorse locali, senza peraltro coinvolgere l'intero territorio.

Prima di indicare i criteri per l'individuazione delle aree di intervento, è opportuno precisare che la scelta di limiti territoriali diversi da quelli amministrativi crea un problema di reperimento dati che può essere risolto attraverso indagini sul campo o con procedure di stima dei dati mancanti.

L'individuazione di aree e/o settori che meglio permettono di considerare gli interventi nel campo energetico è legata a problematiche che riguardano sia l'offerta che la domanda di energia.

Per quanto riguarda l'offerta dovrà essere valutato:

- L'esistenza di grandi progetti territoriali già programmati o da programmare (impianti energetici, sistemi o reti territoriali);
- La disponibilità di fonti rinnovabili.

Sul fronte della domanda, dovrà essere valutata l'esistenza di settori produttivi rilevanti per la scelta di interventi di risparmio e/o razionalizzazione dei consumi energetici; una prima analisi approfondisce le informazioni desumibili dal bilancio energetico introducendo variabili socio-economiche e consente di individuare i settori per i quali può essere utile un'analisi dettagliata.

La rappresentatività dei settori a livello economico ed energetico viene valutata attraverso indicatori di intensità che consentono di valutare quanto incide la variabile presa in esame sul territorio.

Analisi approfondita della domanda di energia

Le analisi approfondite richiedono indagini sul campo o l'invio di questionari. Le informazioni che si ricavano, una volta generalizzate, vengono utilizzate per elaborare il bilancio energetico integrato, che contiene una ripartizione della domanda di energia per usi finali e per settori di impiego.

Analisi approfondita dell'offerta di energia

Il sistema energetico dell'offerta fa riferimento ad un insieme molto vasto ed eterogeneo di infrastrutture e unità industriali che assicurano i fabbisogni energetici; l'analisi approfondita dell'offerta di energia si basa sulla conoscenza del ciclo delle risorse energetiche utilizzate e degli Enti che operano sul territorio e che dispongono delle informazioni. Il sistema dell'offerta di energia viene solitamente suddiviso in sottoinsiemi:

- Combustibili solidi;
- Petrolio; gas naturale;
- Energia elettrica;
- Fonti primarie (salti idraulici, geotermia; eolico; solare);
- Fonti alternative (biogas, biomasse, cascami termici industriali, fotovoltaico).

Ognuno di questi sottosistemi viene esaminato separatamente e studiato in relazione alle sue caratteristiche.

2.6 Metodi di analisi e di valutazione

Una volta individuate delle ipotesi di intervento alternative, sia a livello settoriale che territoriale, si procede ad una loro valutazione per apprezzarne l'impatto sul territorio (analisi economico-finanziaria, valutazione d'impatto ambientale, bilancio costi-benefici) e per approfondire la conoscenza del sistema energetico con indicatori a livello territoriale e modelli di simulazione della domanda di energia.

Analisi economico-finanziaria

L'analisi economico-finanziaria analizza il progetto in relazione alla sua "redditività", evidenziando il costo del progetto, disaggregato in almeno tre voci:

- *Costi di investimento*: il valore degli esborsi per la realizzazione dell'impianto;
- *Costi fissi*: i costi sostenuti dal momento in cui l'impianto entra in esercizio indipendentemente dal suo livello di utilizzo;
- *Costi variabili*: comprendono tutti i costi di esercizio in funzione del grado di utilizzo dell'impianto.

La convenienza economica del progetto deriva dal confronto con progetti alternativi. L'allocazione dei costi è realizzata in linea con le voci del progetto in esame.

L'approccio metodologico per l'analisi finanziaria è quello del valore attualizzato netto (VAN) che considera il valore attualizzato degli introiti all'anno di riferimento e il valore attualizzato del costo di investimento e di esercizio in funzione del tasso di sconto. Nell'analisi economica l'obiettivo è quello di valutare l'impatto dei flussi di beni e servizi generati dal progetto nell'ambito del sistema economico di riferimento. I criteri principali di valutazione economica sono il tasso di rendimento interno, il valore attualizzato netto e il rapporto capitale/valore attualizzato netto.

Valutazione d'impatto ambientale

La valutazione di impatto ambientale è uno strumento di supporto alle decisioni in campo energetico e si pone come raccordo tra il momento della definizione delle politiche del piano e il momento della realizzazione dei singoli interventi; essa richiede adeguati strumenti di indagine per definire linee di intervento in campo normativo, di risanamento e di prevenzione.

Gli strumenti di supporto alle decisioni nella valutazione di impatto ambientale devono rendere espliciti i criteri in base ai quali uno o più aspetti dell'ambiente sono assunti come risorsa da valorizzare o, al contrario, come vincolo da rimuovere.

L'identificazione delle sorgenti di inquinamento e la caratterizzazione delle relative emissioni nonché gli effetti sui diversi comparti ambientali costituiscono i presupposti indispensabili per definire le politiche e gli interventi di prevenzione e tutela del territorio. È necessario disporre una mappa delle emissioni dei processi di combustione per definire un sistema che, dai dati del bilancio energetico preliminare, fornisca una stima attendibile delle quantità complessive di inquinanti e della ripartizione per settore economico.

Bilancio costi benefici

Il bilancio costi-benefici consente di valutare la convenienza di un progetto d'investimento non solo sul piano della stretta efficienza economica ed energetica, ma anche in relazione agli effetti che esso produce sulla collettività e sul territorio.

Si individuano i costi e i benefici relativi ad un progetto (sia di nuovi insediamenti energetici sia di interventi di risparmio e/o razionalizzazione dei consumi) espressi in una stessa unità di misura; la valutazione viene effettuata tenendo conto dei possibili progetti alternativi.

L'analisi identifica voci attive (benefici) e passive (costi) che sono diverse in relazione alla tipologia dell'impianto, alla sua dimensione e localizzazione.

2.7 Gli indicatori energetici

Per una corretta stesura del piano energetico è necessario indagare anche sulle principali grandezze socio-economiche, strutturali, tecnologiche ed ambientali e su come queste interagiscono con le variabili energetiche.

In ogni singola fase del processo di elaborazione, le interazioni tra economia ed energia sono più o meno significative ed è necessario definire indicatori specifici, che possono essere così raggruppati:

- *Indicatori di struttura*, che forniscono indicazioni sulle abitazioni e sulle infrastrutture, sulle caratteristiche delle imprese, sull'utilizzazione del suolo, sulla popolazione;
- *Indicatori economici*, che evidenziano l'attività e la produttività delle imprese, il numero di addetti per settore;
- *Indicatori di densità ed intensità*, per valutare l'incidenza e la concentrazione di un determinato fenomeno a livello territoriale (addetti/**Km²**, addetti/popolazione residente) per ciascun settore produttivo;
- *Indicatori di tipo tecnologico*, che danno informazioni sulle apparecchiature che utilizzano energia e sul loro rendimento;
- *Indicatori ambientali*, che forniscono informazioni riguardanti la qualità dell'aria, dei corpi idrici e del terreno e consentono di stimare le emissioni di vari inquinanti e la loro concentrazione (kg/abitante, kg/per unità di PIL, kg/unità di energia consumata).

2.8 Conseguenze ambientali della produzione di energia da combustibile

La richiesta mondiale di energia è in continuo aumento soprattutto a causa dei paesi emergenti (Cina, India, Brasile...), mentre per i paesi più industrializzati, a causa della forte crisi economica, la domanda è stabile con alcune realtà in decrescita. Le fonti primarie più richieste sono, purtroppo, quelle non rinnovabili: carbone, petrolio, gas naturale e fissione non autofertilizzante. Molti territori stanno compiendo azioni di conversione della produzione energetica verso le energie rinnovabili ed assimilabili.

È noto che il fabbisogno energetico mondiale non potrà essere soddisfatto ancora per molto dalle fonti primarie fossili, esso sta però risultando e risulterà intollerabile per la vita umana sulla terra.

Il limite superiore della quantità che può essere introdotta “artificialmente” è determinato dagli effetti climatici che tale energia può avere sull'equilibrio del pianeta.

Le emissioni di energia e sostanze inquinanti nell'atmosfera, determinano gli effetti climatici che tale energia ha sull'equilibrio del nostro pianeta.

La produzione e la dissipazione dell'energia, non sono uniformemente distribuite sulla terra, ma concentrate, almeno per quanto riguarda l'utilizzazione, nelle grandi aree metropolitane.

Si formano, così, le “isole di calore” che possono essere pericolose per la salute dell'uomo, anche per l'effetto sinergico che l'inquinamento atmosferico provoca in tali aree.

Le fonti energetiche che tendono ad alterare l'equilibrio termico del nostro pianeta, sono i processi di combustione di risorse fossili e fonti rinnovabili (biomassa, biogas...) quelle che alterano il coefficiente di riflessione della terra. Sono quindi da escludere l'energia idraulica, eolica, maree, onde e correnti marine,

mentre una modesta alterazione può essere provocata dalla geotermia, dallo sfruttamento dei gradienti termici marini; effetti non trascurabili derivano anche dagli impianti solari ad energia diretta. Gli impianti ad energia nucleare, hanno per definizione un "cevro" "isolato dall'ambiente", il contatto con l'ambiente è solo di tipo accidentale.

Il processo di combustione che è alla base di gran parte della produzione di energia attualmente impiegata, può essere considerato come una fase del ciclo biogeochimico del carbonio che assieme con la respirazione e in minor misura, con la fermentazione restituisce all'atmosfera l'anidride carbonica (CO_2) utilizzata per la fotosintesi.

Le valutazioni sui cambiamenti indotti dai sistemi energetici, sono complicate per la difficoltà di stabilire rapporti univoci di causa-effetto. Solitamente si ricorre a qualche indicatore che è rappresentativo dell'intero specchio di inquinanti primari e secondari e si stabiliscono dei limiti che consentono il confronto delle diverse tecnologie sotto il profilo della loro fattibilità e compatibilità ambientale.

Al momento della progettazione di un sistema energetico, l'analisi della compatibilità ambientale deve comprendere alcuni elementi:

1. Caratterizzazione della tecnologia dal punto di vista tecnologico e delle emissioni potenziali nell'ambiente circostante;
2. Previsione dei meccanismi di dispersione e stima della concentrazione delle sostanze nocive al tempo ed al luogo in cui esse producono un effetto unicamente riconoscibile ad una causa individuata;
3. Stima delle dosi e dei tempi di esposizione delle sostanze nocive da parte di uomini, animali e vegetali;
4. Previsione dei rapporti esposizione/effetto;
5. Valutazione globale delle conseguenze e dei provvedimenti necessari alla mitigazione.

Nel linguaggio comune le sostanze nocive vengono definite inquinanti. Tale concetto rappresenta una sostanza dannosa o indesiderata introdotta nell'ambiente da attività umane. Essere o meno inquinante non dipende solo dalla natura chimica della sostanza, ma anche dalle sue condizioni fisiche, quantità, luogo e dal tempo in cui si trova.

La maggior parte dei processi di combustione, come prima affermato, utilizza combustibili fossili di derivazione naturale e consiste nell'ossidazione del carbonio e dell'idrogeno ad anidride carbonica ed acqua con liberazione d'energia.

Poiché come comburente viene solitamente utilizzato l'ossigeno presente nell'aria, un prodotto "secondario" della combustione è rappresentato dagli ossidi di azoto, zolfo, alogenati in quantità differenti a seconda del combustibile utilizzato.

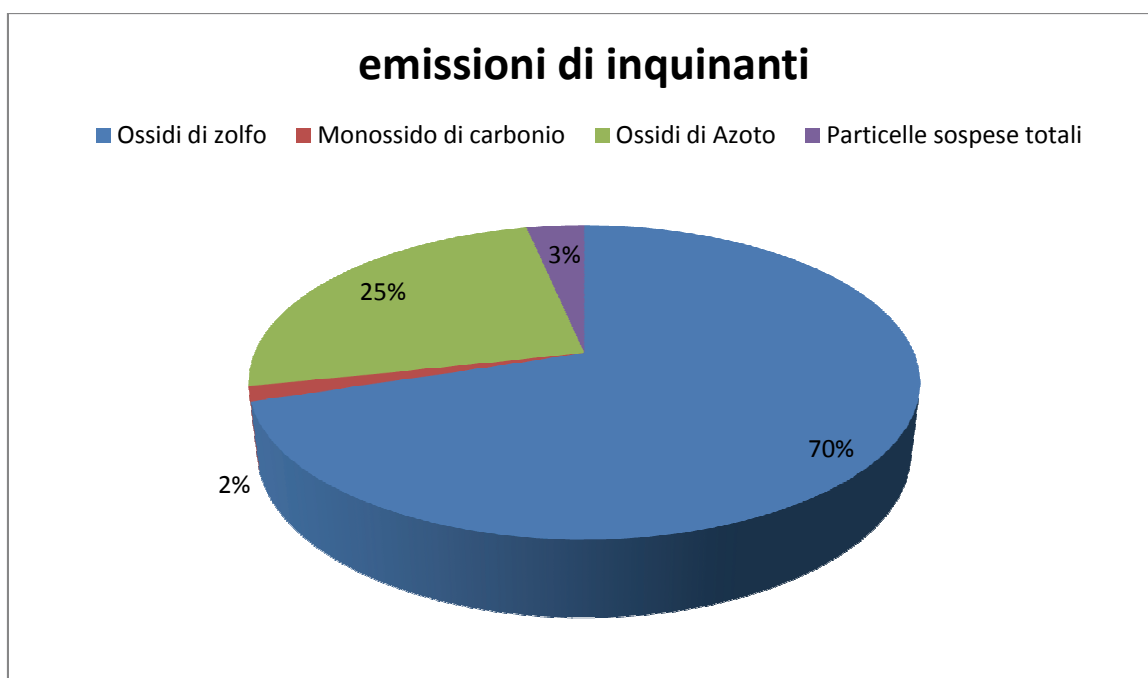


Figura 2: Emissioni di inquinanti nell'aria nel 1986 (Fnte: ENEA 1986)

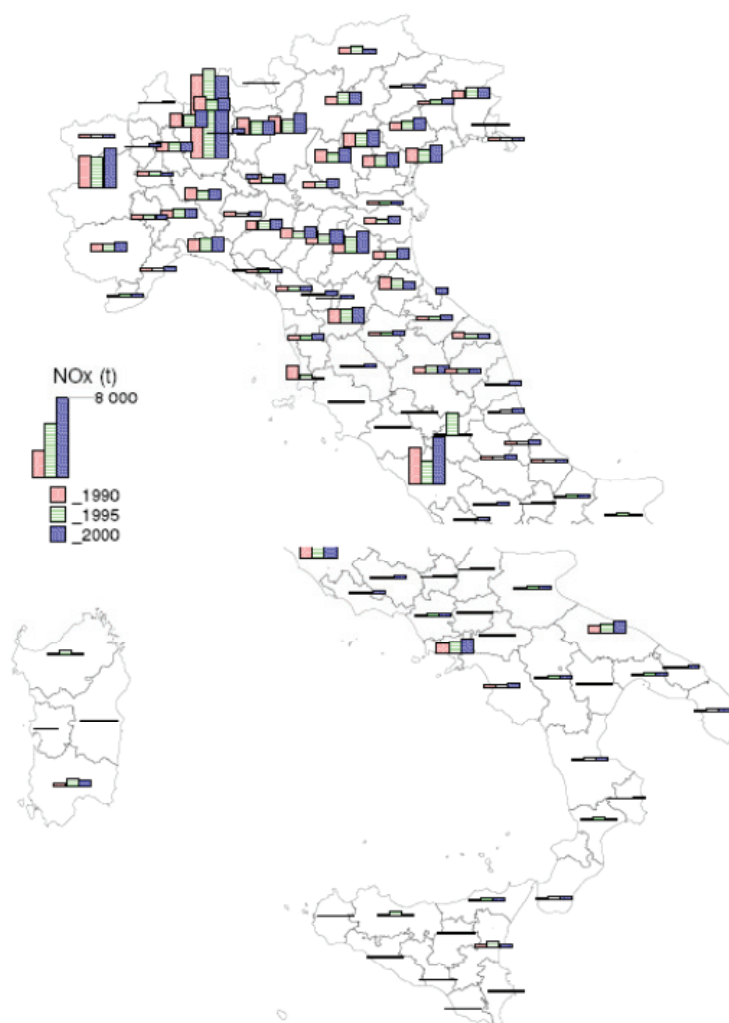


Figura 3: confronto degli andamenti delle emissioni di NO₂ in italia (Fonte : ISPRA 2011)

Alcuni prodotti di incompleta combustione come l'ossido di carbonio (CO), idrocarburi parzialmente ossidati e particolato, contribuiscono ad aumentare le emissioni inquinanti derivanti dai processi di combustione.

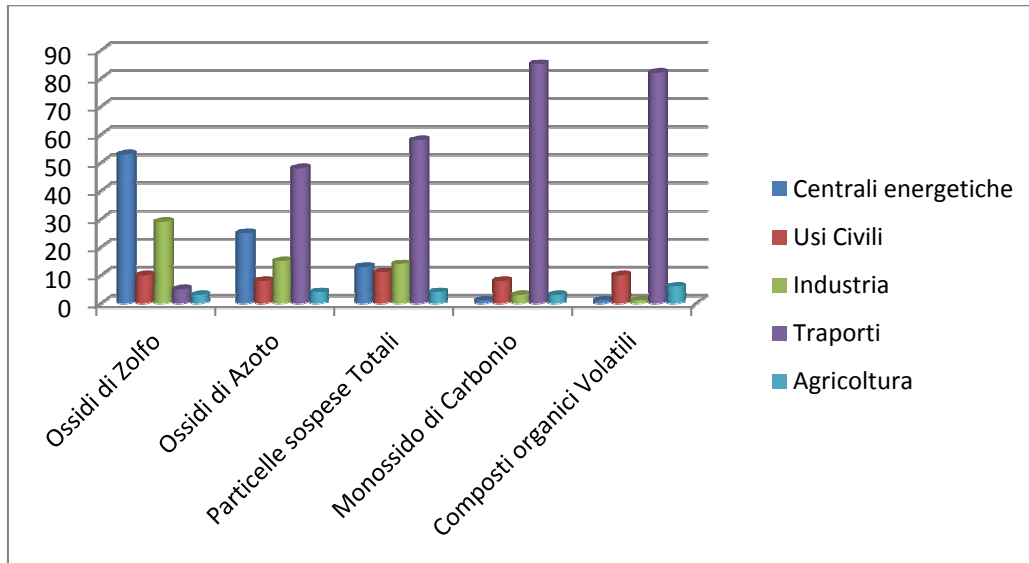


Figura 4: Emissioni percentuali di inquinanti dai vari settori nel 1986 in Italia (fonte: ENEA)

Un primo controllo sull'entità di emissioni degli inquinanti consiste nella scelta del combustibile da utilizzare, dei suoi eventuali additivi, per eliminare o ridurre le possibili fonti di inquinamento; successivamente si deve intervenire sul processo di combustione attraverso un'adeguata progettazione delle apparecchiature e l'ottimizzazione dei parametri caratteristici del processo.

Quest'ultimo intervento consiste nella realizzazione dei dispositivi di depurazione dei fumi, che assicurano il raggiungimento dei limiti di concentrazione delle sostanze inquinanti rispetto ai limiti normativi e alla caratteristica intrinseca del luogo.

Le procedure di riduzione delle emissioni attraverso il controllo della combustione hanno per obiettivo quello di favorire i processi di ossidazione, provocare la rottura delle molecole complesse, evitare per quanto possibile fenomeni di sintesi e di condensazione. I parametri che devono essere controllati per limitare le emissioni inquinanti sono principalmente:

- temperatura;
- eccesso d'aria;
- mescolamento;
- velocità dei gas.

La temperatura condiziona, secondo una relazione di tipo esponenziale, la velocità di reazione e quindi deve essere mantenuta a livelli tali da fare avvenire la reazione in tempi ragionevoli (inferiori al tempo di residenza in zona di combustione), e deve tenere conto soprattutto della concentrazione di ossigeno, delle caratteristiche del combustibile e del grado di mescolamento. È necessario che la temperatura sia tenuta per quanto possibile uniforme nella zona di combustione, evitando gradienti sia nello spazio che nel tempo. Particolare attenzione deve essere dedicata al profilo di temperatura in vicinanza delle pareti.

Se le pareti sono adiabatiche, o circa adiabatiche, la differenza tra la temperatura di parete e quella dei gas è di pochi gradi e quindi non si presentano particolari problemi; se le pareti non sono adiabatiche, la differenza

di temperatura può essere dell'ordine delle centinaia di gradi, con zone fredde in vicinanza delle pareti, che possono bloccare le reazioni.

Per evitare fughe di incombusti o formazioni di prodotti indesiderati è quindi necessario assicurare un efficace mescolamento in modo che i gas contenuti nello strato limite termico possano mescolarsi coi gas a più elevata temperatura.

L'aria di combustione viene iniettata con modalità diverse in modo da raggiungere il rapporto aria-combustibile desiderato. Si opera solitamente in eccesso d'aria, cioè con una quantità d'aria tale che consenta di fornire più ossigeno di quello calcolato teoricamente in base alla reazioni di combustione; questo modo di operare assicura la presenza del comburente (ossigeno) in quantità più che sufficiente a garantire una buona ossidazione delle sostanze combustibili, in primo luogo carbonio e idrogeno, ma può provocare un abbassamento della temperatura e certamente un aumento della quantità di fumi. Per questi motivi l'eccesso d'aria va tenuto ai valori inferiori compatibili con la necessità del mescolamento e quindi del contatto combustibile/comburente.

Una corretta distribuzione dell'aria consente, oltre che l'ottenimento di un elevato rendimento di combustione, di effettuare la cosiddetta combustione in più stadi (ad esempio una combustione prima riducente, in difetto di ossigeno, e poi ossidante in eccesso di ossigeno), molto efficace per il controllo degli ossidi d'azoto; questa procedura permette infatti di ridurre le temperature che si raggiungono nelle zone ricche di ossigeno e quindi diminuire la probabilità di formazione dei composti ossidati dell'azoto.

Un buon mescolamento è necessario per favorire il contatto combustibile-comburente e quindi fare avvenire in tempi brevi le reazioni. Il parametro controllante il mescolamento è la turbolenza e quindi si devono promuovere quelle condizioni che la incrementano, quali ad esempio un'opportuna configurazione del sistema ed un corretto dimensionamento del dispositivo di iniezione dell'aria di combustione.

È poi necessario limitare, per quanto possibile, il trasporto del particolato nei gas di combustione; nel particolato sono infatti intrappolati incombusti, metalli, sostanze che possono in genere essere considerate precursori per la formazione di microinquinanti. Per limitare il trascinarsi di particolato è necessario diminuire la velocità dei fumi ed effettuare un accurato studio dei condotti di evacuazione dei fumi stessi.

La configurazione del sistema di combustione ha una grande influenza sull'andamento del processo di termodistruzione e, senza voler entrare in dettagli di carattere progettuale e costruttivo, è evidente la necessità di adottare configurazioni che portino ad una ottimizzazione dei parametri sopra ricordati (mescolamento, campo di temperatura, velocità dei gas).

Quando l'ottimizzazione dei parametri che regolano la combustione e della conseguente configurazione del sistema non si ritengano sufficienti alla riduzione degli inquinanti presenti nei fumi, si può ricorrere all'iniezione di additivi nella zona di combustione od in una regione immediatamente a valle, con lo scopo di fissare le sostanze inquinanti al residuo solido o di trasformarle in sostanze che possono venire scaricate senza problemi. Questa tecnica può venire impiegata per il controllo degli ossidi dello zolfo e dell'azoto e per gli acidi cloridrico e fluoridrico. È usuale in alcuni sistemi di combustione, per esempio a letto fluido, iniettare sostanze a base di calcare per fissare cloro e zolfo in composti solidi che precipitano e si separano dal flusso gassoso.

Per la riduzione degli ossidi di azoto si può iniettare ammoniacca, oppure urea e metanolo, nel combustore, in una zona in cui la temperatura sia compresa tra gli 850 °C e i 950 °C. Il risultato della reazione tra l'ammoniaca e gli ossidi di azoto sono azoto e vapore d'acqua.

- *Monossido di carbonio e carbonio organico totale*

Sono prodotti di incompleta combustione e quindi la loro presenza è legata essenzialmente a non idonee modalità di combustione. In particolare, per evitare la formazione di incombusti è necessario assicurare un elevato livello di temperatura, che diminuisce il tempo di reazione, 'e un adeguato mescolamento, al fine di portare a contatto combustibile e comburente, unitamente ad un eccesso d'aria sufficiente che assicuri comunque disponibilità di ossigeno. La configurazione del combustore deve poi essere tale da consentire adeguati tempi di residenza e funzionale distribuzione dell'aria di combustione. Con certe configurazioni di focolare può essere opportuna l'adozione di sezioni di post-combustione dotate di bruciatori ausiliari. L'alimentazione del combustibile deve essere per quanto possibile regolare, al fine di evitare situazioni in cui il rapporto aria-combustibile non sia idoneo ad assicurare una combustione completa (vi sono zone in cui si hanno incombusti per difetto d'ossigeno, altre in cui gli incombusti sono presenti per livelli di temperatura troppo bassi causati da un'eccessiva quantità d'aria di combustione).

- *Gas acidi*

Un primo controllo deve essere effettuato sul combustibile in alimentazione, allo scopo di evitare, per quanto possibile, l'introduzione di sostanze contenenti cloro e zolfo. Un'altra tecnica di controllo è quella della iniezione degli additivi nel letto di combustione, in modo da formare dei composti che precipitano e si separano dal flusso gassoso.

- *Ossidi di azoto*

In fase di combustione si può esercitare un non indifferente controllo sulla formazione degli ossidi di azoto. Una possibilità di controllo si ha con l'iniezione di additivi (ammoniaca o suoi derivati), come messo precedentemente in evidenza. Un'altra tecnica per il controllo degli ossidi di azoto in fase di combustione è quella della combustione a due stadi; in un primo stadio di combustione si opera in difetto di ossigeno, limitando in tal modo non solo la disponibilità di ossigeno, ma anche la temperatura, e quindi riducendo la probabilità di formazione di NO_x; la combustione viene completata in un secondo stadio, iniettando l'ossigeno necessario e raggiungendo l'eccesso d'aria conveniente. Un'altra tecnica che riduce la temperatura e l'ossigeno disponibile è quella della ricircolazione dei gas di scarico, che possono ad esempio venire mescolati all'aria primaria e/o secondaria, in portate dell'ordine del 15-20% dell'aria di combustione.

Queste tecniche possono influire sulla formazione di ossidi sia con l'azoto atmosferico che con quello contenuto nei combustibili. Le tecniche di controllo degli ossidi d'azoto in fase di combustione non debbono però portare ad incrementi di altri inquinanti; la combustione in due stadi non deve ad esempio provocare un aumento degli incombusti.

- *Materiale particolato*

Il materiale particolato del tipo inorganico è presente nei fumi perché trascinato dalla corrente gassosa. Per limitarne la concentrazione è quindi necessario imporre una velocità dei fumi non troppo elevata e comunque tale da permettere la deposizione delle particelle solide.

La quantità del particolato dipende dal tipo di apparato di combustione e soprattutto dal combustibile utilizzato. Per evitare che il particolato organico passi nei fumi, si debbono creare condizioni che permettano la sua distruzione in fase di combustione (elevati tempi di contatto combustibile/comburente, alte temperature).

- *Metalli pesanti*

In generale i metalli presenti nei combustibili subiscono processi di decomposizione a temperature superiori a 700° e 750 °C e passano in fase gassosa, per poi eventualmente ricondensare a più bassa temperatura,

esclusi i metalli a basso punto di ebollizione come ad esempio il mercurio. Non è quindi semplice ridurre la presenza di metalli in fase di combustione, salvo ovviamente eliminarli dall'alimentazione.

- *Composti organici*

Composti organici particolarmente pericolosi come diossine e furani possono essere controllati in fase di combustione con modalità analoghe a quelle già ricordate per l'ossido di carbonio. Anche questi composti infatti possono essere considerati derivanti dai processi di incompleta combustione o comunque da condizioni di combustione non idonee a distruggerli, insieme ad eventuali precursori, una volta formati.

Un buon processo di combustione è molto importante per ridurre al minimo l'emissione di inquinanti e gas effetto serra (GHG).

Per poter realizzare tale obiettivo è necessario che nel "processo produttivo energetico" si attuino alcuni accorgimenti che possano influire sulle emissioni dei vari inquinanti.

Per la produzione di energia elettrica vengono realizzati cicli termodinamici che impiegano, nella maggior parte dei casi, come motore primo quello che fornisce l'energia meccanica, la turbina a vapore o la turbina a gas o il ciclo combinato e in alcuni casi il motore a ciclo diesel. Per impianti a biomassa si utilizza anche il ciclo ORC (Organic Rankine Cycle). Gli apparati di combustione (bruciatore, focolare, sistemi di immissione aria), sono diversi in funzione del combustibile solido o liquido o gassoso. Il processo di combustione è caratterizzato da rendimenti, misurati dalla concentrazione degli incombusti allo scarico, molto elevati, superiori anche al 99%, ed avviene con eccessi d'aria che possono variare tra valori dell'ordine del 10 – 15% fino a valori superiori al 100% (turbine a gas).

In molti casi l'ottimizzazione del processo di combustione non è però sufficiente al raggiungimento dei limiti di concentrazione previsti dalle normative o comunque imposti in sede di progetto per alcuni inquinanti (gli ossidi di azoto e di zolfo, le polveri e, quando si usino combustibili particolari, l'acido cloridrico e i metalli pesanti).

Per limitare l'immissione di sostanze inquinanti si deve pertanto ricorrere, a valle della sezione di combustione, a sistemi di depurazione dei fumi, più o meno raffinati e complessi, in relazione agli obiettivi che si vogliono raggiungere.

Per la riduzione degli ossidi di azoto, i fumi di combustione possono essere inviati in reattori dove vengono iniettati additivi quali l'ammoniaca (NH_3), che in un campo di temperatura tra 850 e 950°C reagisce con gli ossidi formando azoto gassoso e vapore d'acqua. Questo sistema presenta alcuni problemi connessi alla necessità di controllo della temperatura che potrebbe richiedere l'impiego di bruciatori ausiliari, ed alla possibilità che parte dell'ammoniaca, comunque dosata in eccesso, passi inalterata attraverso la zona di reazione e provochi quindi fenomeni di incrostazione e corrosione nelle sezioni successive dell'impianto, in particolare sulla superficie di scambio termico della caldaia.

Per evitare questi inconvenienti può essere effettuata la riduzione degli ossidi d'azoto sempre con ammoniaca, ma in presenza di un catalizzatore (tipo metallico o a carboni attivi).

In relazione alla tipologia del combustibile, possono essere presenti nei fumi di combustione dei gas acidi, prevalentemente costituiti da SO_2 ed in alcuni casi da acido cloridrico. I sistemi di abbattimento di questi composti inquinanti consistono nella loro separazione dal flusso dei gas di combustione mediante assorbimento in un apposito reattore da parte di un composto alcalino, solitamente calce o soda, in polvere o in soluzione acquosa.

Quando lo scopo sia quello di ridurre la concentrazione dell'acido cloridrico, è sufficiente effettuare un lavaggio dei gas con acqua, non additivata da alcali, perché l'elevata solubilità di questo inquinante assicura comunque un'elevata resa di abbattimento.

Per l'anidride solforosa è efficace anche il trattamento con carboni attivi.

Il controllo del materiale particolato è di grande importanza, perché consente di ridurre un inquinante in sé pericoloso e anche altre fonti di inquinamento quali metalli pesanti e composti organici, che sono adsorbiti o assorbiti dalle polveri, soprattutto su quelli più piccole. In relazione all'opportunità di separare dal gas di combustione anche le polveri a bassa granulometria, vengono impiegati per l'abbattimento del materiale particolato sistemi particolarmente efficienti che utilizzano filtri elettrostatici a più campi, eventualmente integrati da abbattitori a umido, o filtri a maniche.

Nel caso di motori diesel, la combustione avviene in eccesso d'aria e questo limita la formazione di incombusti, ma può favorire, in certe condizioni di funzionamento, fenomeni di condensazione e di fumosità.

I motori a ciclo Otto impiegano combustibili leggeri (benzine) che venivano integrati con composti aventi specifiche proprietà, ad esempio antidetonanti come il piombo tetraetile, che però provocavano la presenza di piombo allo scarico, che non poteva venire eliminato. Attualmente si tende a sostituire il piombo con componenti di tipo idrocarburo che abbiano spiccate qualità antidetonanti (benzene, idrocarburi aromatici) permettano l'impiego di marmitte catalitiche per la riduzione degli inquinanti allo scarico.

I motori diesel impiegano invece combustibili più pesanti (gasoli) che vengono iniettati ad alta pressione in camera di combustione. Le caratteristiche del combustibile e del motore possono favorire la formazione di particolato (basse temperature, polverizzazione del combustibile non sufficiente).

Volendo fare un raffronto tra i tipi di motore, si può dire che nei motori a ciclo diesel le emissioni di incombusti (ossido di carbonio e idrocarburi) sono tre/cinque volte inferiori a quelli di un motore a ciclo otto, mentre il particolato presente nei gas di scarico varia tra 0,2 e 0,5% del combustibile bruciato.

Le emissioni di ossido d'azoto sono paragonabili nei due cicli termodinamici; il ciclo diesel, in relazione alle caratteristiche del gasolio utilizzato, può rilasciare anche ossidi di zolfo.

2.9 La diffusione dei prodotti di combustione nell'atmosfera

Nell'analisi e redazione di un programma energetico che preveda la creazione o l'ammodernamento di centrali energetiche sia termiche che elettriche nel territorio, è necessario valutare l'impatto ambientale e le emissioni prodotte sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, quindi conoscere la dinamica della fascia atmosferica adiacente alla superficie (troposfera) ed al ruolo che in essa può svolgere il sistema di smaltimento e abbattimento dei prodotti della combustione.

Il meccanismo di diffusione degli inquinanti in atmosfera, viene studiato con modelli matematici che consentono, anche in fase preliminare, di analizzare con una certa sistematicità l'impatto della tecnologia sull'ambiente, sulla salute umana, sul tessuto sociale.

Poiché l'inserimento di impianti sofisticati di depurazione di fumi non annulla evidentemente l'impatto ambientale, il modello di dispersione costituisce uno strumento di previsione per valutare gli incrementi di concentrazione di inquinanti prodotti da nuovi insediamenti, di interpretazione di situazioni presenti o passate ed anche di supporto alla valutazione costi/benefici delle diverse soluzioni possibili per il controllo

dell'inquinamento atmosferico. È certamente uno strumento di lavoro indispensabile quando si debba stimare la localizzazione di un impianto di generazione di energia da combustione. L'efficacia di questo strumento dipende in maniera essenziale alla bontà dei dati con cui si intende lavorare.

I modelli matematici utilizzati per la descrizione del fenomeno presentano tutti un grado di incertezza abbastanza significativo, soprattutto a causa delle difficoltà di modellizzazione delle condizioni atmosferiche reali.

Comunque, affinché un modello di dispersione sia affidabile, è necessario descrivere accuratamente il campo meteorologico, quantificando quelle grandezze fisiche che hanno influenza diretta sulla dispersione degli inquinanti emessi nell'atmosfera.

L'atmosfera può essere considerata in prima approssimazione un sistema termodinamico in cui la temperatura varia in maniera adiabatica, quando, per qualche motivo, una sua piccola frazione si sposta verso l'alto si raffredda, in quanto sottoposta a valori di pressione decrescenti e, al contrario, si riscalda scendendo verso starti a pressione maggiore.

La diminuzione della temperatura di una particella di aria secca (gradiente adiabatico dell'aria secca) che si muove verso l'alto è di circa 1°C ogni 100m.

Si definisce gradiente adiabatico dell'aria satura, la variazione di temperatura relativa ad una particella d'aria satura di vapor d'acqua; questo secondo gradiente è inferiore a quello dell'aria secca.

Quando il gradiente termico è adiabatico, la particella è in equilibrio con l'ambiente che la circonda (stessa temperatura e stessa densità) e quindi non ha nessuna tendenza a continuare un eventuale moto imposto inizialmente: questa condizione atmosferica è detta indifferenza. Tuttavia le condizioni reali dell'atmosfera sono quasi sempre diverse da quelle di gradiente adiabatico; si può ad esempio riscontrare che, salendo, la temperatura alle varie quote sia inferiore a quella corrispondente al gradiente adiabatico. In questo caso una particella d'aria che inizia un movimento discendente proseguirà in questo suo moto perché è più fredda e quindi più pesante dell'aria che la circonda; viceversa se inizia un movimento verso l'alto, la particella proseguirà il suo moto ascendente perché è più calda dell'ambiente circostante.

Quando il gradiente reale di temperatura è superiore a quello adiabatico (gradiente super-adiabatico) si verifica una condizione atmosferica di instabilità.

Un'altra tipica condizione atmosferica che si verifica è il gradiente termico inferiore a quello adiabatico (gradiente sub-adiabatico).

Se l'atmosfera si trova in questa condizione, una particella spinta inizialmente verso l'alto incontrerà strati più caldi e quindi tenderà a ridiscendere, mentre se è spinta verso il basso avrà una temperatura più alta dell'aria che la circonda e quindi tenderà a salire. In definitiva, in entrambi i casi la particella viene riportata nella condizione iniziale.

Questa situazione rigenera quindi un condizione atmosferica di stabilità; se poi il gradiente di temperatura è positivo, cioè se la temperatura aumenta con la quota, si è in presenza del fenomeno di inversione termica che rigenera una situazione atmosferica particolarmente stabile.

In vicinanza del suolo, la temperatura superficiale ha una grande influenza sulla stabilità atmosferica.

Durante la notte la superficie si raffredda a causa dell'irraggiamento e si forma uno strato atmosferico stabile.

Durante il giorno la radiazione solare diretta e diffusa riscaldano la superficie, inducendo instabilità nello strato di prossimità della superficie terrestre.

Le condizioni stabili si incontrano, pertanto, durante le notti chiare con venti deboli.

La categoria di stabilità atmosferica è caratterizzata dall'assenza di scambio di energia e di quantità di moto tra gli strati. Pertanto le particelle di aria tendono a rimanere nella loro posizione iniziale ed il gradiente verticale di temperatura è inferiore a $0,01 \text{ K/m}$.

La categoria di instabilità atmosferica, invece, è caratterizzata da grossi trasferimenti di quantità di moto: le particelle, sottoposte a movimenti verso l'alto e verso il basso, subiscono un'accelerazione che rinforza questi movimenti in modo che le particelle tendono a spostarsi nella posizione iniziale.

Il gradiente termico verticale è superiore a $0,01 \text{ K/m}$.

Le condizioni instabili sono tipiche del giorno, con flussi positivi di calore al suolo (soleggiamento).

I vortici creati dal gradiente termico verticale sono di tutte le dimensioni e in tutte le direzioni e il composto emesso nell'atmosfera risente, oltre che il trasporto meccanico dovuto al vento, della presenza di vortici.

Oltre al profilo verticale della temperatura, che influenza la risalita del pennacchio, le grandezze fisiche che hanno influenza diretta nella dispersione degli inquinanti nell'atmosfera sono:

- Il profilo verticale del vento, che determina il luogo di ricaduta dell'inquinante;
- Il profilo verticale della turbolenza atmosferica, che determina la diffusione dell'inquinante;
- L'altezza dello strato di mescolamento:

Le variabili meteorologiche misurate nel luogo in cui si vuole studiare un fenomeno di dispersione non sono di solito disponibili e si deve quindi ricorrere a dati più facilmente reperibili, come ad esempio la velocità del vento ad una determinata altezza e la temperatura dell'aria; dati che vengono integrati da osservazioni sulla copertura del cielo e sulle caratteristiche del suolo e da informazioni sull'irraggiamento solare e sulla re irradiazione notturna.

Utilizzando questi elementi è possibile, per via empirica, operare una suddivisione in categorie delle diverse condizioni atmosferiche.

Il composto chimico che viene immerso nell'atmosfera è coinvolto da una serie di processi che concorrono alla progressiva diminuzione dei valori di concentrazione in aria sottostante al punto di rilascio. In generale l'interesse è alla valutazione delle concentrazioni a livello del suolo per conoscere l'impatto sull'uomo e sull'ambiente delle diverse tipologie di inquinanti e pertanto interessano i fenomeni che avvengono all'interfaccia tra il suolo e gli strati bassi dell'atmosfera.

Limitando l'analisi ad una emissione isolata e puntiforme, ad esempio una ciminiera, è possibile determinare le relazioni tra i fattori meteorologici locali e i processi di diffusione degli inquinanti.

La dispersione dei prodotti emessi da una ciminiera dipende principalmente dalla velocità e dalla turbolenza del vento, ma anche da aspetti legati al gradiente termico dell'aria.

Il vento trasporta le molecole di gas o le particelle in espansione separandole in senso longitudinale. La turbolenza meccanica contribuisce invece alla diluizione laterale o verticale, rimescolando il pennacchio con l'aria circostante. La stratificazione termica, infine, può contribuire ad amplificare, o smorzare e in alcuni casi anche a bloccare la dispersione della nuvola di gas.

I gas di combustione escono dalla ciminiera ad una certa velocità e ad una temperatura più elevata di quella dell'aria circostante e pertanto tendono ad innalzarsi nell'atmosfera, per poi piegare nella direzione del vento, man mano che il rimescolamento con l'aria circostante ne diminuisce la temperatura.

Quando i gas saranno in equilibrio termico con l'aria circostante, il pennacchio risulterà completamente livellato e seguirà i moti dell'aria, tranne le particelle di grosse dimensioni che precipitano, durante il trasporto, per effetto gravitazionale. La quota di livellamento di un pennacchio è detta altezza effettiva del camino.

Volendo schematizzare il comportamento del pennacchio in relazione alle condizioni microclimatiche del luogo in cui avviene l'emissione, si può fare riferimento ad alcune situazioni caratteristiche:

- con gradiente termico super-adiabatico (atmosfera instabile), il pennacchio assume una forma irregolare e i c riponenti dei gas di combustione vengono dispersi in senso verticale a causa dei moti convettivi;
- con gradiente adiabatico o lievemente sub-adiabatico (atmosfera indifferente), il pennacchio assume una forma conica pressoché regolare;
- con gradiente nettamente sub-adiabatico o positivo (atmosfera stabile), nel pennacchio, per assenza di vortici, si instaurano moti di tipo laminari, in assenza di vento i gas di combustione ed il particolato solido si distribuiscono in maniera uniforme all'intorno del punto di emissione. In presenza di vento si forma un pennacchio orizzontale, che raggiunge il suolo a distanza notevolmente grande.

Situazioni diverse si possono poi verificare in presenza di fenomeni di inversione termica, in relazione alla quota di localizzazione dello strato di inversione e dell'altezza effettiva del camino. Sono qui di seguito descritti tre casi rappresentativi di condizioni

1. Inversione con base al suolo: la situazione è relativamente favorevole poiché lo strato stabile non permette l'abbattimento al suolo degli inquinanti a breve distanza dal punto di emissione.
2. Inversione con base in quota: il fenomeno di diffusione è legato alla quota dello strato d'inversione. Un'emissione che si trovi al di sotto di tale livello non può disperdersi al di sopra della quota di inversione; uno strato stabile posto sopra uno strato instabile indifferente determina una riduzione della diffusione verticale pertanto il pennacchio si espande verso il suolo. Nel caso in cui lo strato inferiore si trovi in condizioni fortemente super-adiabatiche, l'elevata turbolenza produce una ricaduta al suolo a breve distanza dal punto di emissione con conseguenti elevate concentrazioni di inquinanti. Particolarmente pericolosa a questo proposito è la situazione che si verifica quasi quotidianamente due o tre ore dopo l'alba, durante il fenomeno di erosione dell'inversione notturna; gli inquinanti che durante la notte si erano accumulati nello strato stabile vengono rapidamente portati al suolo dal rimescolamento atmosferico. Questo fenomeno viene detto "fumigazione". Se l'altezza effettiva del camino è superiore alla quota di inversione, la discontinuità esplica una funzione positiva impedendo la diffusione dell'inquinante sotto la quota di inversione.
3. Presenza di nebbia: è una situazione particolare che tende a mantenere una condizione di sub-adiabaticità o addirittura di inversione a causa dell'effetto disperdente della radiazione solare incidente e del conseguente ridotto riscaldamento del suolo. All'interno dello strato nebbioso si è in presenza di aria prevalentemente stagnante; alla sua sommità l'irraggiamento solare diurno produce un forte riscaldamento e quindi una condizione di intensa inversione termica che costituisce una barriera alla diffusione degli inquinanti nell'atmosfera sovrastante. I prodotti della combustione, a causa della stabilità atmosferica e l'assenza di vento, si diffondono in maniera uniforme e ricadono al suolo nell'intorno del punto di emissione con concentrazioni elevate; nelle zone frequentemente nebbiose sarebbe pertanto necessario prevedere condizioni di emissione di gas (velocità e temperatura) ed altezza della ciminiera tali da consentire il superamento dello spessore di nebbia e della quota di inversione termica.

I modelli atmosferici che sono stati sviluppati per studiare la dispersione dei gas di combustione si possono suddividere in fisici e matematici.

I primi consentono di simulare in scala ridotta le caratteristiche superficiali del terreno nel tunnel a vento o in vasche d'acqua e di regolare il flusso dei gas in modo da rappresentare al meglio le condizioni atmosferiche osservate.

I modelli matematici utilizzano le tecniche del calcolo per la simulazione del comportamento dei gas emessi in atmosfera. In alcuni casi tali tecniche permettono di ottenere soluzioni analitiche, ma, in generale, si deve utilizzare il calcolo numerico per poter descrivere l'evoluzione della concentrazione degli inquinanti.

I modelli matematici possono essere suddivisi in modelli deterministici (di diffusione).

L'applicazione pratica di modelli per la valutazione dell'impatto ambientale degli inquinanti atmosferici richiede, di volta in volta, un'analisi accurata delle condizioni specifiche di riferimento ed in particolare l'identificazione:

- del tipo di inquinante (reattivo e non reattivo);
- dell'intervallo di tempo interessato al fenomeno (concentrazioni istantanee per problemi di sicurezza industriale; medie orarie giornaliere o medie annuali); del dominio di analisi (brevi o lunghe distanze);
- delle caratteristiche del dominio (terreni piatti, situazioni orografiche complesse, prossimità del mare);
- dei limiti di calcolo, dovuti alle disponibilità dei modelli e delle informazioni da dare in ingresso.

Le tecniche di modellizzazione della diffusione di inquinanti nell'atmosfera sono in grado di valutare la velocità di emissione, descrivere ciò che accade nell'atmosfera per simulare il trasporto atmosferico, la diffusione turbolenta atmosferica, le reazioni nell'atmosfera e le reazioni fotochimiche, la disposizione al terreno; seguire l'evoluzione della nube nel tempo.

A seconda del sistema di riferimento, i modelli possono essere euleriani o lagrangiani. L'equazione generale dei modelli Lagrangiani descrive la probabilità di transizione dallo "stato" (r', t') e lo "stato" (r, t) :

$$\langle C(r, t) \rangle = \int_0^t \int p(r, t | r', t') \cdot S(r', t') dr' dt'$$

Se p (funzione di densità di probabilità) è normale, la soluzione dell'equazione è una gaussiana.

Esistono inoltre tecniche per il calcolo della funzione di densità di probabilità (con variabili sperimentale, con tecniche Monte Carlo, con modelli numerici di turbolenza) e quindi modelli differenti di diffusione.

L'approccio euleriano parte dall'equazione di trasporto e di conservazione della massa di una specie inquinante, la cui concentrazione dipende dalle coordinate spaziali e dal tempo.

Vi sono infine modelli, di carattere statistico-empirico, chiamati globalmente "Receptors models", che valutano i contributi delle varie sorgenti in specifiche situazioni di inquinamento, basandosi da un lato, sul campionamento e sull'analisi accurata dei composti interessati alla diffusione in determinati punti recettori e dall'altro utilizzando metodi statistici multivariati allo scopo di specificare i legami tra inquinamento e sorgenti che ne sono la causa.

Questi tipi di analisi sono prevalentemente usati per lo studio della diffusione del particolato nel territorio urbano.

Le ipotesi assunte per l'applicazione di un modello gaussiano sono:

- la sorgente è puntiforme, al livello del suolo nell'origine del sistema;
- la velocità media del vento è costante e non dipende dalla posizione.

L'equazione generale che fornisce le concentrazioni spaziali dell'inquinante nel pennacchio è la seguente:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right]}$$

dove

y e z rappresentano la posizione ricercata/analizzata rispetto al camino

σ_y e σ_z descrivono la larghezza del pennacchio,

Q è la portata di emissione

u è la velocità media del vento.

Le caratteristiche principali di questo modello sono:

- la concentrazione sottovento è proporzionale a Q in ogni punto;
- la massima concentrazione sottovento si trova sull'asse del pennacchio ed è inversamente proporzionale alla distanza sottovento dalla sorgente;
- maggiore è la turbolenza atmosferica, più rapida è la dispersione nelle direzioni trasversali;
- la concentrazione massima diminuisce all'aumentare della velocità media del vento.

Il modello semiempirico che utilizza le equazioni di Briggs, per il calcolo dell'innalzamento del pennacchio dei camini e le comuni equazioni gaussiane di dispersione per la stima della dispersione al suolo è un modello che non tiene conto dell'orografia del terreno ed è quindi affidabile per un territorio pianeggiante. In particolare il modello di Briggs è stato verificato per le condizioni climatiche tipiche della Pianura Padana e delle zone costiere liguri.

Il modello può essere utilizzato per ottenere valori medi di previsione dell'inquinamento al suolo sul breve periodo (1 ora) e per formulare previsioni basate su tempi di campionamento di 24 ore.

Per la definizione del modello, il processo di trasporto e diffusione degli effluenti da una sorgente puntiforme è distinta in due fasi:

- fase aerodinamica, immediatamente all'uscita del camino, che si traduce nel concetto di innalzamento del pennacchio; dipende dalle caratteristiche fisiche dell'emissione, quali temperatura e velocità dei gas, e da quelle atmosferiche, quali velocità e direzione del vento, stabilità atmosferica, temperatura esterna, profilo verticale della temperatura, presenza di zone di inversione.
- fase meteorologica, quando, sul moto ascensionale, diventa prevalente il moto diffusionale dell'effluente.

A) Fase aerodinamica

I fumi uscenti da un camino, avente una determinata altezza geometrica, subiscono un innalzamento del pennacchio per effetto della spinta dinamica (quantità di moto del fluido). L'entità dell'innalzamento è determinata dalle caratteristiche fisiche dell'effluente e dalle condizioni meteorologiche; l'altezza effettiva del camino è data dalla somma dell'altezza geometrica e dall'innalzamento.

L'altezza effettiva del camino, detto anche spessore dello strato di mescolamento, viene calcolata in base ai dati di temperatura e di velocità del vento alla superficie. Bassi valori del parametro di mescolamento favoriscono la caduta dell'inquinante in spazi di suolo più ristretti e quindi con una concentrazione maggiore. Nella Pianura Padana, lo spessore medio dello strato di mescolamento oscilla fra 250 e 500 m, da gennaio ad agosto.

Se la temperatura dei fumi è molto elevata, l'effetto di galleggiamento è prevalente rispetto all'effetto dovuto alle quantità di moto dei gas, mentre il rapporto si inverte quando la temperatura dei fumi è bassa. Per fumi caldi si intendono quelli che hanno una temperatura allo sbocco del camino superiore di almeno 40-50 °C rispetto alla temperatura ambiente.

Il modello adottato per il calcolo è basato essenzialmente sui concetti di flusso di galleggiamento (F) e di parametro di stabilità (s).

Elaborando le relazioni che contengono entalpia, portata, calore specifico e velocità dei fumi, si ottiene l'equazione per il calcolo del flusso di galleggiamento nel caso di "fumi caldi":

$$F = g \frac{T_f - T_a}{T_f} V_f R^2$$

dove:

- F flusso di galleggiamento ($\text{m}^4 \text{s}^{-3}$)
- g accelerazione di gravità (m s^{-2})
- T_f temperatura dei fumi (K)
- T. temperatura dell'aria (K)
- v_f velocità dei fumi (m s^{-1})
- R raggio interno del camino (m)

Il parametro di stabilità, che rappresenta la forza frenante che agisce sul pennacchio, è dato da:

$$s = \frac{g}{T_a} \cdot \frac{d\theta}{dz}$$

dove:

- s parametro di stabilità (s^2)
- q temperatura potenziale (K)

z quota (m)

Calcolati il flusso di galleggiamento (F) ed il parametro di stabilità (s), è possibile determinare l'innalzamento massimo del pennacchio (Δh) con un'equazione del tipo:

$$\Delta h = 1,6 \frac{\sqrt[3]{x^2 F}}{U}$$

in condizioni di neutralità o di instabilità moderata o forte, dove x è la distanza sottovento del camino (m) e U è la velocità media del vento alla quota di emissione (m/s); oppure in condizioni di stabilità in assenza di vento con un'equazione del tipo:

$$\Delta h = 5 \frac{\sqrt[4]{F}}{\sqrt[8]{s^3}}$$

oppure del tipo:

$$\Delta h = 2.4 \frac{\sqrt[3]{F}}{\sqrt[3]{U \cdot s}}$$

in presenza di vento.

B) Fase meteorologica

Per il calcolo della concentrazione delle sostanze gassose e degli aerosol contenenti particelle con diametro non superiore a 20 μm nel pennacchio, l'equazione di distribuzione gaussiana o distribuzione normale è risultata la più adatta per la descrizione delle diverse condizioni atmosferiche.

Quando il gradiente termico è costante al variare dell'altezza ed il suolo è pianeggiante ed uniforme, la concentrazione dell'inquinante nel pennacchio è data da:

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]} \left\{ e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right]} + e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]} \right\}$$

dove:

(x, y, z) = concentrazione spaziale dell'inquinante nel pennacchio, (mg m^{-3})

X = distanza fra la sorgente dell'inquinamento ed il recettore, misurata nella direzione del vento (m)

y = distanza lungo la normale alla direzione del vento nel piano del terreno ovvero nel piano parallelo al terreno (m)

z = distanza lungo la normale alla direzione del vento nel piano perpendicolare al piano xy (m)

Q= quantità di inquinante emessa nell'unità di tempo (mg s^{-1})

s_y = deviazione standard orizzontale della distribuzione gaussiana, funzione della distanza x tra la sorgente ed il recettore. Il suo valore dipende dalle classi di stabilità (m)

s_z = deviazione standard verticale della distribuzione gaussiana, funzione della distanza x tra la sorgente ed il recettore. Il suo valore dipende dalle classi di stabilità (m)

La concentrazione al suolo dell'inquinante si ricava dall'equazione precedente ponendo $z = 0$:

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]} \left\{ e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right]} \right\}$$

La distribuzione al suolo in corrispondenza della linea centrale fornisce il massimo livello di concentrazione raggiungibile e si assume che corrisponda alla concentrazione sottovento ponendo $y = 0$:

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right]}$$

Nell'ipotesi che il rapporto tra le descrizioni standard verticale ed orizzontale sia costante al variare della distanza della sorgente, le deviazioni standard possono essere calcolate con le relazioni:

$$\begin{cases} \sigma_y = ax^m \\ \sigma_z = bx^m \end{cases}$$

dove a , b , m sono parametri empirici che dipendono dalla classe di stabilità.

La massima concentrazione al suolo sottovento e la distanza relativa si possono così calcolare:

$$\chi(x_{max}) = \frac{2Q}{\pi H^2 U} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_y}$$

$$\sigma_z(x_{max}) = \frac{H}{\sqrt[2]{2}}$$

$$x_{max} = \sqrt[m]{\frac{H}{b^2\sqrt[2]{2}}}$$

In condizioni di atmosfera non uniforme, con strati di inversione, si possono verificare diverse situazioni a seconda della localizzazione dello strato di inversione e dell'altezza effettiva del camino.

Alcune di queste situazioni sfavoriscono la ricaduta al suolo degli inquinanti (inversione al suolo), mentre in altre situazioni (inversioni di quota) il risultato dipende dalla quota di inizio dello strato d'inversione rispetto all'altezza effettiva al camino.

I risultati del calcolo di questo modello (modello di diffusione ISC 3) proposta da US EPA permettono di rappresentare sotto forma di mappe di concentrazione il particolato sospeso totale e gli ossidi di azoto (NO_x)

2.10 Azioni per il miglioramento energetico del territorio

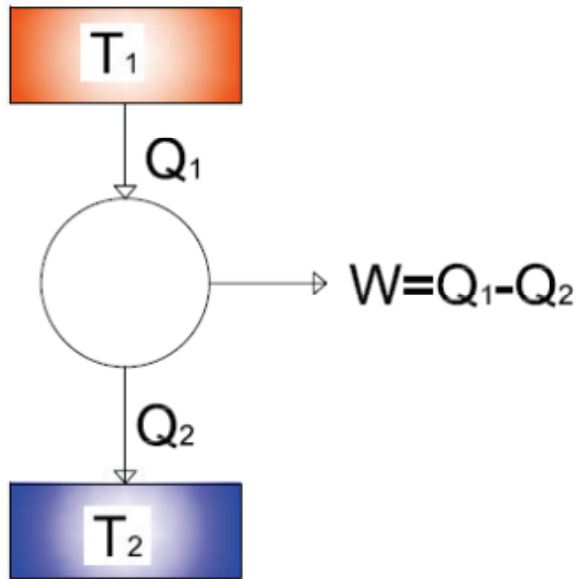
La programmazione per un corretto uso delle risorse energetiche di un territorio, per l'efficientamento delle stesse o la creazione di nuove centrali o azioni mirate al risparmio di energia nei diversi settori (trasporti, civile, industria, generazione dell'energia) richiede una serie di conoscenze tecniche, ambientali e del territorio stesso al fine di poter addivenire alla migliore proposta per il miglioramento energetico ed anche ambientale del territorio analizzato.

Nel 18° secolo le sole fonti di energia che potevano far muovere le macchine industriali sono il vento, l'acqua, gli animali; l'uso del calore prodotto dalla combustione per far girare un motore, per produrre energia meccanica fa nascere non solo un nuovo problema scientifico, ma rivoluzionando il mondo della produzione e dell'economia (rivoluzione industriale) segna il passaggio ad sistema di approvvigionamento intensivo di risorse. Nel 19° secolo gli scienziati sulla scorta delle esperienze iniziate nel secolo precedente, partendo dal presupposto che la combustione produce calore e che il calore può comportare una variazione di volume, quindi può produrre un effetto meccanico, studiarono e misero a punto le prime macchine termiche, sviluppando la attuale società industriale.

Nel mondo industrializzato, grande consumatore di energia, nasce poi il problema energetico; la limitata disponibilità di materie prime e di fonti energetiche tradizionali induce a introdurre nelle politiche di sviluppo il concetto di risparmio energetico. In realtà quello che siamo abituati a chiamare "risparmio energetico" è un insieme complesso di problematiche che sarebbe più corretto riassumere nella dizione utilizzazione ottimale delle risorse energetiche e che è regolato dalle leggi della termodinamica e da quelle dell'economia. Ricondurre l'analisi energetica alle sole problematiche tecnologiche dei cicli di trasformazione sarebbe una limitazione grossolana, perché in realtà là dove si usa male l'energia, si sprecano altre risorse, prima fra tutte la salute dell'uomo e la qualità dell'ambiente.

Brevi richiami di termodinamica

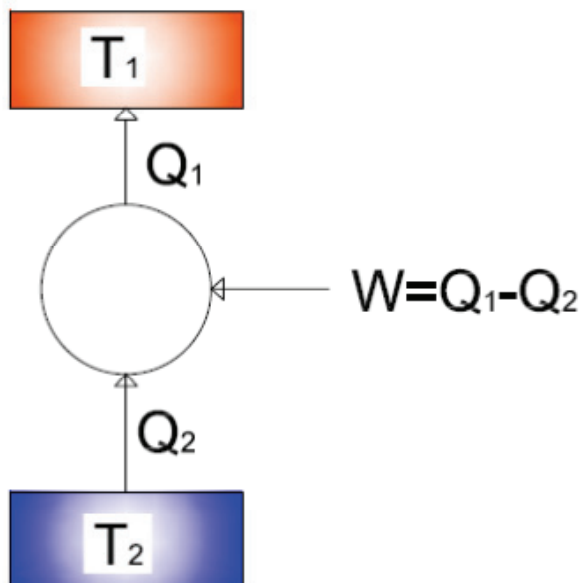
I concetti base della termodinamica si possono ricondurre a enunciati semplici, come il primo principio che definisce la funzione di stato energia interna ed è un'estensione del principio di conservazione dell'energia meccanica; per i sistemi chiusi afferma che la somma del lavoro e del calore entranti è uguale all'incremento di energia interna. Dall'osservazione di processi fisici che avvengono spontaneamente, nasce la necessità di formalizzare dei vincoli che non sono contenuti nel principio di conservazione dell'energia e quindi la formulazione del secondo principio della termodinamica, che limita la capacità del sistema a compiere lavoro. Perché dell'energia immagazzinata nel sistema in forme diverse possa essere convertita in lavoro deve esistere una differenza di potenziale, quella proprietà intensiva che è caratteristica del particolare fenomeno e indica il verso di evoluzione spontanea del sistema.



$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Figura 5: schema di principio di un ciclo termodinamico che produce lavoro

Vi sono modi diversi di esprimere il secondo principio: il calore passa spontaneamente da un corpo ad un altro che si trova, ad una temperatura più bassa, oppure non tutto il calore (Q_1) scambiato ad alta temperatura (T_1) può essere trasformato ciclicamente in lavoro (W); una parte (Q_2) deve essere ceduta al serbatoio a temperatura più bassa (T_2). Si può anche effettuare un ciclo di Carnot in cui il fluido termodinamico subisca le stesse trasformazioni ma in senso inverso: la quantità di calore (Q_2) viene trasmessa dal serbatoio a temperatura T_2 al fluido termodinamico, e la quantità Q dal fluido al serbatoio a temperatura più elevata T_1 e si compie sul sistema il lavoro W . Il risultato del ciclo inverso è che viene fatto del lavoro sul sistema e viene estratto del calore dal serbatoio a bassa temperatura: il sistema agisce come frigorifero. Se l'obiettivo è quello di prelevare calore Q_2 da una sorgente a bassa temperatura e trasferire il calore Q_1 ad un'altra sorgente a temperatura più elevata il sistema agisce come pompa di calore; in entrambi i casi è necessario fornire al sistema del lavoro W .



Efficienza del frigorifero

$$\omega_f = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Efficienza della pompa di calore

$$\omega_p = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

Figura 6: schema di un ciclo termodinamico inverso

La trasmissione irreversibile di calore da una sorgente all'altra rappresenta l'entropia S del sistema. La variazione di entropia totale dovuta alla trasmissione irreversibile di calore rappresenta l'energia non utilizzabile per compiere il lavoro termodinamico. Quanto maggiore è l'irreversibilità di una trasformazione, tanto maggiore è l'aumento di entropia totale e tanto maggiore è l'energia non più utilizzabile per compiere il lavoro.

Per studiare i problemi connessi alla conversione di energia, può essere utilizzata la funzione exergia, che è stata definita da Rant nel 1956 come la massima energia meccanica ottenibile da un sistema che passa dal suo stato iniziale a quello finale in equilibrio con l'ambiente, interagendo esclusivamente con l'ambiente stesso.

Se dell'energia termica attraversa una superficie alla temperatura T , la massima energia meccanica ottenibile è quella relativa ad un ciclo di Carnot che opera tra la temperatura T e la temperatura T_e dell'ambiente e l'exergia è data da:

$$\text{exergia}[Ex] = W_{max} = \eta Q$$

Con

$$\eta = 1 - \frac{T_a}{T}$$

Il bilancio di energia associato al sistema mette in evidenza che il flusso di calore ceduto dal sistema 1 è uguale a quello ricevuto dal sistema 2:

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

Il bilancio di exergia è dato da:

$$Q_1 \eta_1 = Q_2 \eta_2 + Ex_{distrutta}$$

Da cui

$$Ex_{distrutta} = Q_1 \eta_1 - Q_2 \eta_2 = Q(\eta_1 - \eta_2) = Q \left[\left(1 - \frac{T_a}{T_1}\right) - \left(1 - \frac{T_a}{T_2}\right) \right]$$

L'entità di exergia distrutta quantifica la degradazione della qualità dell'energia causata dal processo irreversibile che asferito il calore Q dal sistema a temperatura T_1 al sistema a temperatura T_2 . Come conseguenza del primo principio si evidenzia che l'energia è una proprietà posseduta da tutti i sistemi materiali: l'energia si conserva ma, in certe circostanze, come conseguenza del secondo principio si distribuisce in maniera così uniforme (equilibrio stabile) da non poter essere utilizzata per compiere lavoro.

Esiste cioè una notevole differenza tra l'energia e la sua disponibilità ad essere utilizzata, in particolare per essere trasformata in lavoro.

Si definisce allora energia disponibile di un sistema rispetto ad un altro dato serbatoio la massima quantità di energia che può essere trasformata in lavoro, quando il sistema è portato in equilibrio con il serbatoio; poiché tutti i sistemi tecnologici utilizzano l'ambiente come serbatoio, l'exergia del sistema è la sua energia disponibile rispetto all'ambiente, considerato come un serbatoio ideale.

Per un sistema chiuso l'exergia di un generico stato caratterizzato dall'energia interna U e dall'entropia S è esprimibile dalla relazione:

$$Ex = (U - T_0 S) - (U_0 - T_0 S_0)$$

dove T_0 è la temperatura dell'ambiente e U_0 e S_0 sono rispettivamente l'energia interna e l'entropia del sistema allo stato di riferimento (stato morto). L'exergia come l'energia è una proprietà estensiva, definita per qualsiasi tipo di stato, ma che si conserva solo nei processi reversibili. Quando un sistema subisce un processo spontaneo, e quindi irreversibile, la sua energia si degrada, cioè la sua exergia si consuma.

Il concetto di rendimento, o efficienza, viene introdotto per caratterizzare con un unico parametro di merito il modo in cui l'energia viene impiegata in un certo sistema, e quindi permette di valutare soluzioni diverse ed eventualmente indicare degli obiettivi per l'innovazione tecnologica.

Le valutazioni sugli impieghi dell'energia basate sul suo bilancio energetico ci inducono a operare in modo che l'energia sia "conservata", cioè non sia "perduta", nel senso che si deve impedire che sfugga in direzioni non desiderate. In uno scaldabagno a gas, per esempio, non tutta l'energia del combustibile è trasferita all'acqua che si vuole riscaldare, perché una parte viene dispersa nell'ambiente attraverso i fumi caldi (perdite al camino) e per irraggiamento e convezione dalla caldaia. Alla luce del solo bilancio energetico, il compito di minimizzare il consumo di energia si riduce a quello di lasciarne sfuggire il meno possibile; per esempio, abbassando la temperatura dei fumi e incrementando l'isolamento termico verso l'ambiente. Su queste basi, cioè del solo bilancio di energia, viene introdotto il rendimento energetico η_{en} definito come:

$$\eta_{en} = \frac{\text{energia utilmente trasferita}}{\text{energia complessivamente introdotta}}$$

Questa è una grandezza sempre minore, o al più, uguale a uno; il complemento all'unità è la frazione di energia rilasciata dal sistema all'ambiente. Massimizzare il rendimento energetico significa proprio ridurre al minimo qualsiasi "dispersione". Tuttavia l'analisi di un sistema basata sul rendimento energetico è corretta solo se le energie che compaiono nel bilancio hanno lo stesso "valore", sono cioè qualitativamente equivalenti.

L'analisi di un sistema energetico deve considerare anche il bilancio entropico per dare risultati fisicamente corretti. Ciò permette di conseguire due risultati. Il primo è quello di attribuire ad ogni flusso energetico un "valore" in termini di lavoro equivalente producibile cioè di exergia. Il "valore" dell'energia infatti è legato alla sua utilizzabilità come lavoro meccanico, e l'exergia è stata definita come la quantità massima di energia di un sistema utilizzabile come lavoro meccanico rispetto all'ambiente. Alla luce del bilancio energetico e di quello entropico, il compito di minimizzare il consumo di energia viene sostituito da quello di minimizzare il consumo di exergia (o la produzione di entropia).

E poiché l'exergia non si conserva ma si distrugge ogniqualvolta si genera entropia per irreversibilità, l'obiettivo si può correttamente chiamare risparmio exergetico o, meglio, uso razionale dell'exergia.

Su queste basi viene introdotto il rendimento exergetico η_{ex} definito come:

$$\eta_{ex} = \frac{L_{min}(\text{exergia utile trasferita})}{L_{max}(\text{exergia complessivamente introdotta})}$$

dove L_{min} è il lavoro minimo teoricamente richiesto per realizzare un dato processo ed è pari all'exergia utilmente trasferita, L_{max} è il lavoro massimo ricavabile dalla fonte utilizzata.

Anche questo rapporto è sempre inferiore o al più uguale a uno, ma il completamento all'unità è pari al lavoro dissipato.

Massimizzare il rendimento exergetico significa quindi utilizzare al meglio l'exergia introdotta, dissipando la minore quantità possibile di lavoro.

Il rendimento exergetico è, in altri termini, una misura del grado di reversibilità (o meglio di irreversibilità) dei processi subiti da un sistema, e per questo motivo può assumere anche valori negativi: un processo cioè che idealmente sarebbe potuto avvenire con produzione di lavoro meccanico, in realtà avviene assorbendo lavoro. Infine, contrariamente ad altre misure di efficienza di volta in volta definite nelle varie applicazioni (come ad esempio le efficienze di turbine, pompe, compressori), il rendimento exergetico è di uso completamente generale.

È molto importante notare che l'analisi exergetica può portare a conclusioni profondamente diverse da quelle ricavate sulla base del solo bilancio energetico.

Efficienza energetica nel settore civile

Il fabbisogno di energia degli edifici è calcolato, in prima approssimazione, (come si analizzerà meglio nel capitolo 4) in base al numero dei gradi-giorno caratteristici di una certa località, in base ;cioè alla differenza fra la temperatura dell'ambiente interno, convenzionalmente fissato a 20 °C, e quelli esistenti all'esterno, moltiplicata per il numero dei giorni in cui ciò avviene fra ottobre e aprile. A parità di altre condizioni le necessità di riscaldamento sono proporzionali a tale quantità.

Negli edifici esistenti, si ottengono facilmente risparmi del 10% con una conduzione più accurata del sistema generatore-caldaia, l'eliminazione delle infiltrazioni d'aria, l'adozione di contatori di calore, che consentano il pagamento del calore utilizzato su base personale, e un potenziamento dell'isolamento degli edifici già costruiti.

Per gli edifici di nuova costruzione si ricorre a norme di progettazione più accurate che a fronte di un, investimento iniziale non superiore al 5% del costo capitale degli edifici può ridurre di almeno il 25% le dispersioni termiche. Un'ulteriore riduzione è ottenibile col riscaldamento centralizzato di quartiere con una distribuzione mediante rete di teleriscaldamento per le singole utenze. Questo assume grande rilevanza agli effetti dell'abbattimento degli inquinanti, poiché ciò che non è possibile fare in un piccolo impianto monofamiliare diviene agevole in un grande impianto centralizzato.

Un corretto uso dell'energia nel settore del riscaldamento, è quindi di risparmio energetico, avviene con gli impianti di cogenerazione. In campo residenziale, infatti, l'energia per il riscaldamento è richiesta a temperatura molto vicina a quella ambiente (dagli 80 °C dei radiatori ai 35+40 °C dei pannelli radianti).

Ricorrere in tali casi alla combustione (con temperature superiori ai 1000 °C) significa distruggere l'exergia dei combustibili, cioè degradare la qualità dell'energia da essi prodotta. Si può invece utilizzare la combustione per produrre energia elettrica con un gruppo turbo-alternatore, scaricando il vapore dalla turbina alla temperatura desiderata per l'utilizzazione termica.

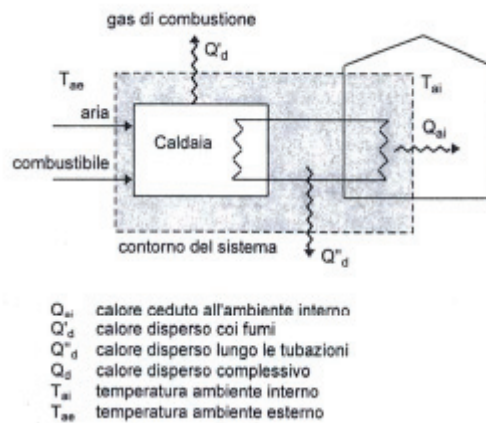
In tal modo l'energia del combustibile è meglio impiegata, con un fattore di utilizzazione f più elevato:

$$f_u = \frac{\text{energia elettrica} + \text{energia termica prodotta}}{\text{energia chimica del combustibile utilizzato}}$$

Tale fattore non ha nulla a vedere con l'efficienza termodinamica, perché sono messe a confronto e sommate fra loro le energie di qualità diversa (cioè con una differente exergia), ma è molto utile per confrontare la buona utilizzazione dei combustibili. Ad esempio, nella produzione combinata di energia elettrica e calore si hanno riduzioni nel consumo di combustibile che variano dal 20 al 30% dell'energia primaria richiesta nei casi più frequenti, rispetto alla produzione separata dei due tipi di energia.

Un altro sistema di corretto uso dell'energia per il riscaldamento degli edifici è quello che si basa sulla pompa da calore, un apparecchio in cui si percorre approssimativamente un ciclo di Carnot inverso: In tal caso, utilizzando energia meccanica, si "solleva" una certa quantità di calore da una temperatura T ad un valore maggiore T_m . Con una potenza meccanica W si ricava teoricamente una potenza termica pari a $W T_m / (T_m - T)$. Il fattore moltiplicativo $T_m / (T_m - T)$ è il COP.

La pompa di calore, a flusso invertito, potrebbe poi nella stagione calda funzionare come refrigeratore o condizionatore. E in tal caso il suo uso non sarebbe limitato ai mesi invernali, ma opererebbe per otto o nove mesi all'anno.



Il bilancio energetico in regime stazionario per il sistema racchiuso nel volume di controllo espresso in termini di potenza è pari a:

$$m(\dot{PCI}) = \dot{Q}_a + \dot{Q}'_d + \dot{Q}''_d$$

Dove m è la portata in massa del combustibile, PCI è il suo potere e Q rappresenta il flusso di calore termico. Il rendimento energetico è dato da:

$$\eta_{en} = \frac{Q_a}{\dot{m}(PCI)}$$

Mentre il rendimento exergetico

$$\eta_{ex} = \frac{\dot{Q}_a \left(1 - \frac{T_{ae}}{T_{ai}}\right)}{\dot{m} \cdot ex_c} = \eta_{en} \left(1 - \frac{T_{ae}}{T_{ai}}\right)$$

Considerando che l'exergia del combustibile (ex_c) sia praticamente uguale al suo potere calorifico. Se $T_{ai} = 20^\circ\text{C}$ e $T_{ae} = 0^\circ$ i rendimenti sono pari a :

$$\eta_{en} = 0.90$$

$$\eta_{ex} = 0.06$$

I valori calcolati (in prima approssimazione e in regime stazionario) evidenziano i limiti di un bilancio energetico basato solo sul principio di conservazione dell'energia, il rendimento exergetico molto basso conferma che l'anergia del combustibile è stata male utilizzata.

Sistemi ad energia totale o sistemi efficienti d'utenza

I sistemi ad energia totale (SET) ora rinominati Sistemi efficienti d'utenza (SEU) sono sistemi che soddisfano i fabbisogni di una utenza massimalizzando l'utilizzo delle fonti energetiche primarie. Tali sistemi non utilizzano solamente combustibili fossili valorizzati principalmente attraverso macchine termiche in assetto cogenerativo, ma anche sistemi che utilizzano fonti rinnovabili e sistemi integrati che si pongono l'obiettivo dell'autosufficienza di unità locali per tutti i fabbisogni energetici (energia elettrica e termica, trattamento acque e rifiuti, condizionamento dell'aria e refrigerazione, ecc..), sfruttando con pari attenzione le possibili ottimizzazioni sul lato della domanda.

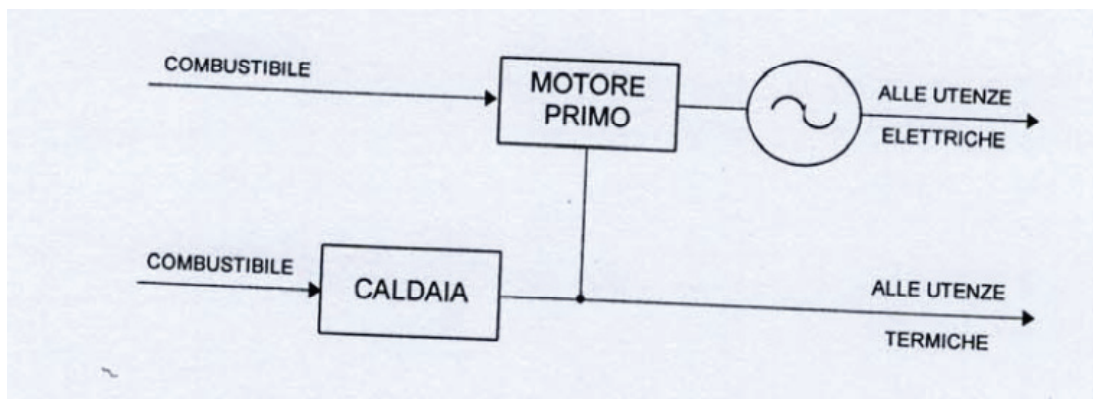


Figura 7: schema tipico base di un SEU

Il SEU è un sistema il cui contorno è attraversato da flussi di energia; da questo punto di vista può essere chiuso o aperto.

Sono chiusi tutti quei sistemi che, isolati da altri sistemi energetici, forniscono una quantità di energia pari a quella richiesta dall'utenza; sono aperti quelli che, collegati ad altri sistemi, possono produrre quantità di energia diverse da quelle richieste dall'utenza. L'appartenenza ad una classe piuttosto che all'altra è determinante ai fini della scelta della configurazione di impianto, della taglia dei componenti e delle modalità di funzionamento.

I sistemi "perti" possono a loro volta venire suddivisi in sistemi aperti sul "lato elettrico" e "sul lato termico". Un sistema aperto sul lato elettrico può sfruttare la rete elettrica nazionale che nel nostro paese è un sistema fittamente magliato e che perciò ben si presta a tale uso, quale accumulo infinito o quale integrazione, a seconda delle necessità. Un sistema aperto sul lato termico può, in linea di principio, cedere e ricevere energia termica a e da altre utenze.

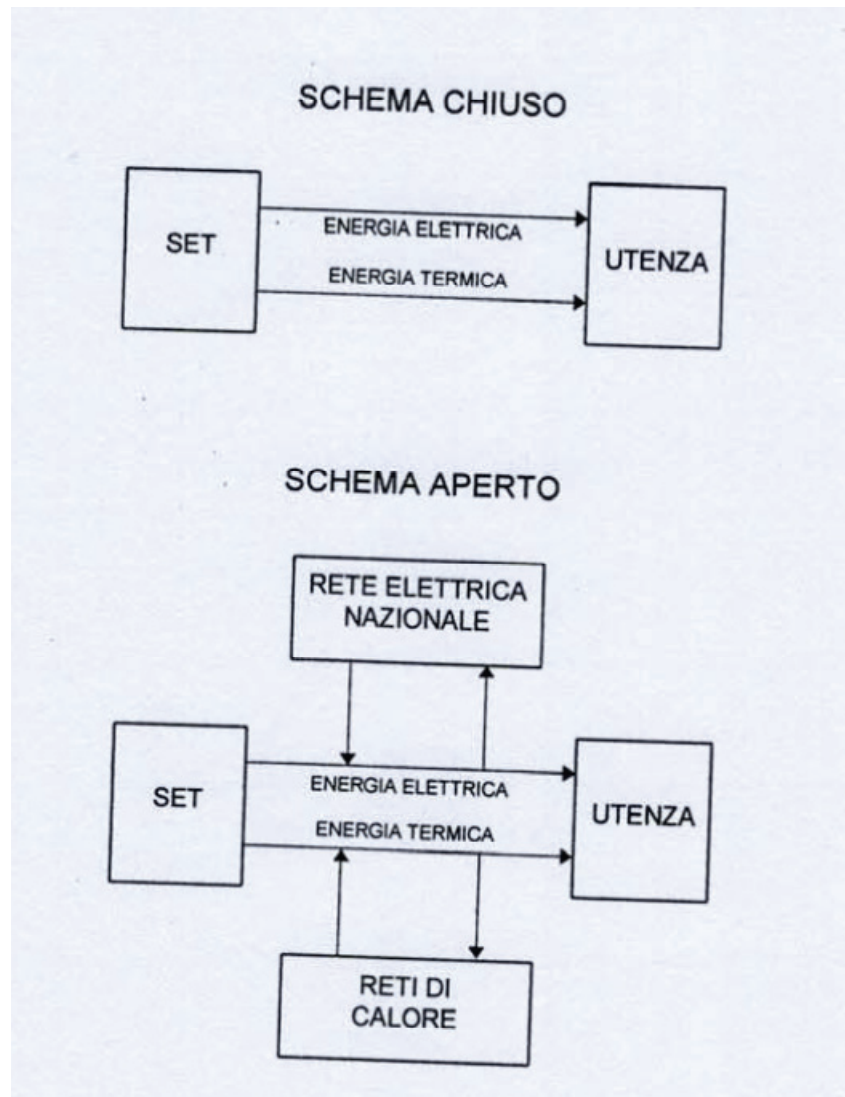


Figura 8: configurazioni di un SEU in funzione dei flussi di energia in ingresso e in uscita (sistema chiuso e aperto)

Il componente che maggiormente caratterizza un SEU è il motore primo vale a dire quel componente che, adibito alla generazione di energia elettrica è in grado, attraverso il recupero di una frazione più o meno cospicua del calore di scarto, di alimentare contemporaneamente una utenza termica. Per giungere a soddisfare in modo corretto le richieste contemporanee di energia elettrica e di calore non è però sufficiente la presenza del solo motore primo. In generale sono possibili varie combinazioni di componenti, la più semplice delle quali comprende:

- motore;
- generatore;
- sistema di recupero del calore di scarto dal motore;
- sistema di integrazione della produzione di energia termica.

Per l'integrazione della produzione di energia elettrica viene utilizzata la rete elettrica nazionale.

Il soddisfacimento di una utenza più articolata, che richiede ad esempio energia elettrica, calore a bassa o media temperatura, refrigerazione e condizionamento con una modulazione dei carichi piuttosto complessa, rende necessaria l'integrazione della configurazione semplice di impianto sopra descritto con una serie di altri componenti quali:

- pompa di calore;

- sistema di refrigerazione a compressione e/o ad assorbimento;
- sistemi di accumulo di energia termica.

La scelta del sistema è determinata dalle condizioni al contorno, energetiche ed economiche, e la definizione della configurazione di impianto che meglio soddisfa l'utenza deriva dai criteri di funzionamento e regolazione del SEU.

I due criteri fondamentali di funzionamento del motore primo sono:

- elettrico imposto;
- termico imposto.

Il criterio chiamato elettrico imposto prevede che il motore primo produca l'energia elettrica richiesta dall'utenza, mentre il calore recuperato, con una eventuale integrazione, vada a soddisfare il fabbisogno di energia termica. Il criterio termico imposto prevede che la produzione del motore primo sia asservita al carico termico d'utenza, mentre l'energia elettrica eventualmente prodotta in eccesso viene scaricata nella rete nazionale, che fornisce anche l'integrazione quando è necessario. Considerazioni di natura economica e gestionale possono orientare ad un criterio variabile nel tempo.

Il primo punto che deve essere affrontato nella progettazione di un Sistema Efficiente d'Utenza riguarda l'analisi dei fabbisogni energetici dell'utenza.

L'analisi deve fornire informazioni circa la natura dei fabbisogni elettrici e termici, i fluidi termovettori impiegati o impiegabili, i valori quantitativi dei carichi e la loro modulazione temporale. Si devono inoltre mettere in evidenza gli eventuali vincoli di natura tecnologica e ambientale.

Qui di seguito vengono definiti i principali parametri da prendere in considerazione nella descrizione e nell'analisi dei fabbisogni dell'utenza:

P_E = potenza elettrica assorbita;

P_T = potenza termica assorbita;

E_E = energia elettrica consumata;

E_T = energia termica consumata;

C = rapporto termico/elettrico (energia termica richiesta/energia elettrica richiesta);

Q = portata del fluido termovettore;

T, p temperatura e pressione del fluido termovettore;

f_u = fattore di utilizzazione degli impianti.

La definizione del valore medio e delle modulazioni di tali parametri sono necessari per la scelta del motore primo e la definizione della configurazione di impianto. L'utenza può venire suddivisa in due grandi categorie, industriale e civile, che presentano caratteristiche particolari

Nell'esame dei fabbisogni di una utenza civile, intendendo con questo termine un insieme di insediamenti a carattere residenziale e terziario, il punto di partenza è costituito da una serie di dati urbanistici, demografici e meteorologici.

Nel settore civile i consumi di energia elettrica e termica sono destinati a:

- Energia elettrica:

- servizi pubblici (acquedotti, illuminazione, ecc.);
- servizi abitativi generali e di appartamento (illuminazione esterna, ascensori, elettrodomestici, illuminazione interna, condizionamento, eventuali usi impropri per produzione di acqua calda);
- servizi collegati alle utenze terziarie (scuole, uffici, negozi).
- Energia termica:
 - servizi abitativi (riscaldamento, acqua igienico-sanitaria, usi di cucina);
 - servizi collegati ad utenze terziarie (riscaldamento, acqua igienico-sanitaria, altri usi).

Nel caso dell'energia termica la quota preponderante di consumi è attribuibile al riscaldamento degli ambienti ed è perciò variabile in ambito giornaliero e stagionale. È importante precisare il combustibile e/o il vettore energetico utilizzato per gli usi termici: si passa dagli usi diretti di gasolio, olio combustibile, GPL, alla distribuzione centralizzata di metano e di acqua calda.

La quantificazione dei fabbisogni può essere effettuata con metodologie aventi differenti gradi di approssimazione.

In prima approssimazione è possibile utilizzare parametri generali quali il consumo di energia per unità di volume edificato e/o di utente equivalente servito; il risultato può essere affinato individuando un numero di tipologie edilizie atto a rappresentare il panorama dell'utenza in esame ed applicando dati statistici relativi a ciascuna tipologia. Un livello di approssimazione più elevato si ottiene calcolando i fabbisogni energetici per ciascuna tipologia edilizia in relazione ai dati climatici del sito. I dati relativi ai fabbisogni possono essere annuali o calcolati su una base temporale più ristretta. Passando da un livello annuale ad uno mensile ad uno orario aumenta il grado di approssimazione dell'analisi e si ottengono, nelle fasi successive della progettazione, risultati più dettagliati e più aderenti alla situazione in esame.

È molto utile effettuare il calcolo prendendo in considerazione un numero di giorni-tipo, per tenere conto dei diversi andamenti giornalieri della domanda.

Nel caso industriale si aggiungono ai tipi di consumo già citati per il settore civile, tutti quelli riconducibili ai processi ed alle lavorazioni che vi si svolgono.

La presenza di una contabilità aziendale organizzata per centri di costo rende più semplice il reperimento di alcuni dati di sintesi. Possono essere effettuate valutazioni di consumo a livello giornaliero od orario se si dispone di dati registrati circa i consumi di fonti primarie o derivate ed i rendimenti del sistema di produzione dell'energia termica. Anche in assenza di registrazioni si può operare utilizzando i dati a livello mensile e tenendo conto di un fattore di utilizzo degli impianti e dei sistemi di produzione e trasformazione dell'energia.

Il migliore livello di approssimazione è ottenibile, ovviamente, con la misurazione diretta dei carichi. La variabilità dei carichi è sintetizzata dalle "curve di durata" annuali, che danno informazioni utili al progettista e al gestore dell'impianto. Meno immediati ma utili sono i diagrammi di frequenza dei carichi.

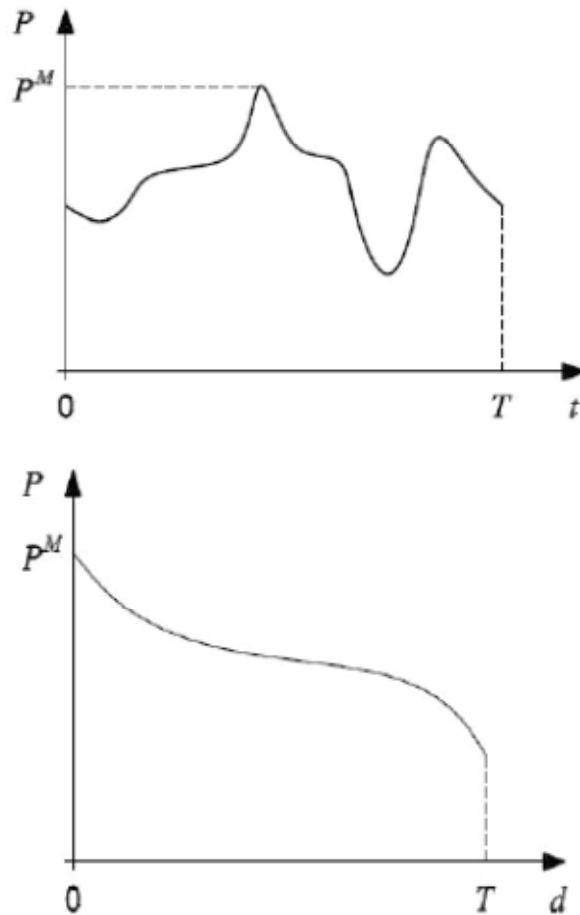


Figura 9: diagrammi di frequenza e di durata di carico

$$f_u \triangleq \frac{\frac{1}{T} \int_0^T P(\tau) d\tau}{P^M} \qquad d_u \triangleq \frac{\int_0^T P(\tau) d\tau}{P^M}$$

$$d_u = T f_u$$

tipo di utenza	f_u	d_u [h]
industriale	0,5	4380
commerciale, residenziale	0,4	3500
rurale	0,3	2630

Una volta effettuata l'analisi della domanda cui asservire il SEU, con quantità, qualità e modulazione dei fabbisogni, è possibile procedere alla definizione della configurazione di impianto. In primo luogo occorre individuare il tipo di motore primo da impiegare e scegliere una serie di altri componenti (caldaie di integrazione, pompe di calore) che permettano di accoppiare efficacemente il SEU con l'utenza cui è

destinato. Per la scelta del motore primo più idoneo all'utenza da servire è utile il rapporto tra energia termica ed energia elettrica relativo sia al motore che all'utenza.

Più esattamente, occorre calcolare il valore di tale parametro per il motore primo:

$$C_{MP} = \text{energia termica utile prodotta} / \text{energia elettrica utile prodotta}$$

e confrontarlo con il valore di C_u proprio dell'utenza.

Nella fase preliminare si assume $C_{MP} \leq C_u$ per minimizzare la quantità di energia termica recuperata dal motore non utilizzabile da parte dell'utenza.

Un aspetto importante nella scelta del motore primo è la sua compatibilità con il livello entalpico ed il tipo di fluido termovettore richiesti dall'utenza. Inoltre occorre tener conto dell'esistenza di possibili vincoli per quel che riguarda i combustibili (approvvigionamento e disponibilità) e l'impatto ambientale.

Per effettuare il dimensionamento, cioè la scelta della "taglia" del motore primo, è assai conveniente fare uso del diagramma di durata dei fabbisogni di energia termica ed elettrica dell'utenza, ovvero della curva che indica, per ogni livello di carico, il numero di ore dell'anno in cui tale livello è stato uguagliato o superato.

È uso corrente non saturare con il motore primo le punte e la coda del diagramma di durata sia elettrico che termico, ma utilizzare la rete elettrica nazionale e, per quel che riguarda la parte termica, integrare l'impianto con una caldaia ausiliaria. La caldaia di integrazione può assumere anche la funzione di modulazione e regolazione oraria del carico.

L'ottimizzazione dell'impianto può comportare l'introduzione di altri componenti, la cui funzione può essere schematizzata:

- la pompa di calore elettrica permette di modificare il rapporto termico/elettrico dell'utenza; si trasforma infatti un fabbisogno di tipo termico in uno di tipo elettrico,
- il frigorifero ad assorbimento in luogo di uno a compressione, permette di trasformare un fabbisogno di tipo elettrico (compressore del frigorifero) in uno di tipo termico;
- un sistema di accumulo di energia termica permette di ridurre le punte di potenza nel diagramma di carico orario dell'utenza

Le tre possibilità indicate concorrono a ridurre gli svantaggi connessi alle variazioni stagionali della domanda (avvicinando C_{MP} e C_u), minimizzando l'esigenza di interscambio del SEU con il mondo esterno.

Allo scopo di quantificare i benefici, in termini di migliore uso delle fonti energetiche non rinnovabili, ottenuti dall'installazione e gestione di un Sistema ad Energia Totale occorre effettuare calcoli di bilancio e fare uso di una metodologia di analisi che:

- sia in grado di fornire informazioni circa le prestazioni del SEU;
- permetta di operare un confronto omogeneo con la situazione preesistente o con un sistema convenzionale;
- fornisca i dati necessari ad una valutazione di convenienza economica.

La scelta dei parametri che definiscano le prestazioni energetiche di un SEU è di fondamentale importanza per condurre correttamente l'analisi.

L'esame delle prestazioni del motore primo può venire condotta facendo uso, oltre che del rapporto termico/elettrico, delle seguenti grandezze:

rendimento elettrico (o termodinamico) η_E

$$N_E = \frac{E_E}{F}$$

Dove:

E_E energia elettrica netta prodotta;

F energia contenuta nel combustibile consumato per produrre E_E .

rendimento termico N_T

$$N_T = \frac{E_T}{F}$$

dove:

E_T energia termica utile prodotta

F energia contenuta nel combustibile consumato per produrre E_T .

rendimento globale N_{TOT}

$$N_{TOT} = N_E + N_T$$

rendimento exergetico N_{EX} :

$$N_{EX} = N_E + N_T \left(1 - \frac{T_0}{T_1} \right)$$

dove:

T_0 temperatura di riferimento espressa in K;

T_1 temperatura di utilizzo del calore espressa in K.

Il rendimento exergetico è concepito per "pesare" in modo corretto i vantaggi di un SEU basato sulla cogenerazione. Il peso attribuito al fattore elettrico è infatti massimo (=1), mentre quello relativo al calore recuperato è tanto maggiore quanto più è elevato il livello termico di utilizzo.

I parametri sin qui impiegati sono stati definiti individuando i confini del SET rispettivamente ai morsetti del generatore di energia elettrica ed alle flange del sistema di distribuzione dell'energia termica. Per tenere conto della distribuzione dell'energia elettrica e di quella termica, si introducono i due parametri:

- rendimento di distribuzione elettrica N_{DE}
- rendimento di distribuzione termica N_{DT}

Allo scopo di valutare i benefici apportati dall'introduzione di un SEU in un dato sistema energetico occorre effettuare un confronto con la soluzione preesistente o convenzionale. Ciò può essere fatto introducendo la nozione di Sistema Convenzionale di riferimento (SC) definito come quel sistema che produce in modo disgiunto la stessa quantità di energia elettrica e termica ottenuta dal SEU.

Il risparmio di energia primaria R è definito dalla relazione:

$$R = \frac{1}{\frac{N_E}{N_E} + \frac{N_T}{N_T}}$$

in cui i parametri soprastegnati si riferiscono al Sistema Convenzionale (SC) e gli altri al SEU. Il parametro R quantifica il risparmio di energia primaria ottenibile da un SEU, che abbia rendimenti elettrico e termico N_E e N_T , rispetto ad un SC, con rendimenti $\overline{N_E}$ e $\overline{N_T}$, che produce la stessa quantità di energia elettrica e termica. Il costo marginale del calore C_{MT} , definito dalla relazione:

$$C_{MT} = \frac{1 - \frac{N_E}{\overline{N_E}}}{N_T}$$

quantifica l'energia primaria che occorre fornire in più ad un SEU, rispetto ad un SC che produce solo energia elettrica, per produrre un'unità di energia termica e la stessa energia elettrica prodotta dal SC.

Il costo marginale dell'energia elettrica C_{ME} , definito dalla relazione:

$$C_{ME} = \frac{1 - \frac{N_T}{\overline{N_T}}}{N_E}$$

la cui definizione è simmetrica rispetto a quella di C_{MT} ; basta scambiare tra loro i termini elettricità e calore. Anche per questi parametri è possibile tener conto della distribuzione di energia elettrica e termica, introducendo i rendimenti N_{DE} e N_{DT} , per il SEU e per il Sistema Convenzionale.

Il confronto tra il sistema tradizionale ed il SEU può essere fatto sulla base del rendimento exergetico. Con i parametri definiti in precedenza è possibile quantificare i flussi di energia, in entrata ed in uscita, sia per il SEU che per il Sistema Convenzionale; in particolare vengono determinate le quantità di energia utile prodotte dal SEU, il consumo di combustibile, i rendimenti ed il risparmio di energia primaria conseguibile.

3

Terzo Capitolo

IL CASO STUDIO: IL PIANO ENERGETICO CITTA' DI PARMA

3.1 METODOLOGIA

La fase di raccolta dati per un documento complesso e articolato come un Piano Energetico Comunale rappresenta sempre una operazione complessa e laboriosa.

Come anticipato nel Capitolo precedente due approcci sono possibili, uno di tipo *top-down* che partendo da dati di macroarea ricostruisce lo scenario energetico e il quadro emissivo locale attraverso proiezioni calibrate su fattori di proporzionalità costruiti su dati demografici o occupazionali, l'altro, detto *bottom-up*, molto più preciso e puntuale, discende da una conoscenza chiara e dettagliata della domanda energetica del contesto territoriale oggetto della analisi.

Sfortunatamente, i dati disponibili per il Comune di Parma non hanno consentito di elaborare un siffatto quadro se non con riferimento ad alcuni specifici settori come ad esempio i consumi di gas naturale, l'impostazione del lavoro ha, di conseguenza, seguito una logica di sviluppo prevalente di natura *top-down*, ottimizzata tuttavia in relazione alle importanti specificità territoriali emerse durante i mesi di studio.

La principale difficoltà di analisi riscontrate nella fase di istruttoria è scaturita dalla notevole disomogeneità dei database a cui si è posto "rimedio" attraverso elaborazioni puntuali, analisi e valutazioni per rendere omogenea la lettura dei dati stessi.

Il riferimento più importante, da letteratura, è rappresentato dal Piano Energetico 2007 della Regione Emilia Romagna [3.1]; esso rappresenta inevitabilmente una importante guida per i Piani elaborati su scala territoriale più ridotta.

Nello sviluppo della analisi, il Piano Regionale è risultato particolarmente importante in quanto ha fornito i *trends* storici, su base regionale, dei fabbisogni energetici per singolo combustibile e della domanda energetica nei diversi settori, consentendo inoltre di giungere ad una prima valutazione qualitativa delle emissioni dei gas climalteranti e inquinanti caratterizzanti tutte le diverse attività del Comune di Parma.

Il censimento dei fabbisogni energetici e delle emissioni su base locale, intrapresa fin dal principio nell'elaborazione del Piano, si è rivelata infatti una operazione molto difficile anche per la difficoltà incontrata da molti *energy providers* a fornire i dati richiesti entro i tempi congrui per l'elaborazione del presente documento. Tra gli attori virtuosi del panorama energetico, soprattutto Eni e la Associazioni Industriali hanno fattivamente collaborato trasmettendo dati puntuali e informazioni utili.

Si è quindi provveduto a consultare altri *database* di letteratura e recenti documenti di pianificazione energetica di vicini contesti territoriali (e.g. Reggio Emilia) che hanno consentito di surrogare alle lacune esistenti nei database istruiti, attraverso un ragionamento costruito sulla forte similitudine energetica/ambientale/territoriale dei luoghi.

In tutti i casi in cui non si è rivelato possibile reperire dati direttamente dal censimento degli usi finali, dalla elaborazione di scenari *top-down*, o da un processo di similitudine si è proceduto, come ultima risorsa, alla ricostruzione delle serie storiche mancanti mediante processi di interpolazione e/o di stima.

3.2 UNA PRIMA VALUTAZIONE – APPROCCIO TOP-DOWN

Il Piano Energetico Regionale 2007 [3.1], presenta il bilancio energetico e l'inventario delle emissioni in atmosfera del sistema energetico regionale dal 1990 al 2005 con cadenze quinquennali..

In considerazione della particolare omogeneità storica ed evoluzionistica nei termini di territorio e tipologia di attività produttive, si è ritenuto accettabile paragonare l'*energy pattern* caratteristico del Comune di Parma con quello regionale. La particolare conformazione geografica dell'Emilia Romagna, ove la popolazione, le attività produttive e le reti stradali e ferroviarie sono prevalentemente concentrate nella zona pianeggiante del territorio regionale a ridosso della via Emilia ha suggerito infatti di assumere che le dinamiche rilevate ed espresse nelle serie storiche dei fabbisogni energetici regionale non fossero, con buona approssimazione, che una similitudine di analoghe variazioni riscontrabili a livello locale.

In virtù delle analogie climatiche, anche se si è proceduto a definire caratteristiche ambientali specifiche dalle centraline di monitoraggio ARPA si è ritenuto ragionevole ipotizzare che i fabbisogni energetici (e quindi anche le emissioni inquinanti e climalteranti loro correlate) comunali e regionali, stessero tra loro nella stessa proporzione rilevabile tra la popolazione comunale e quella regionale.

Fa eccezione il settore delle attività produttive per il quale questa procedura di producibilità è stata ulteriormente corretta e ottimizzata in relazione al numero di addetti.

La determinazione del bilancio energetico su scala locale secondo questa procedura, risulta peraltro particolarmente adeguata a valutare e considerare le forti differenze nei tassi di incremento fatti registrare negli ultimi anni dalla popolazione locale rispetto a quella regionale. La tabella 3.1 fornisce i dati relativi alla popolazione residente nel Comune di Parma, della Provincia di Parma e nella Regione Emilia Romagna dal 1990 (fonti Unioncamere e Ufficio demografico e statica del Comune di Parma); sono inoltre fornite stime sulla crescita attesa delle popolazioni secondo quella che sarebbe la evoluzione spontanea delle serie storiche.

Per ogni anno è stato poi definito il fattore di correzione anagrafica definito il rapporto tra la popolazione del Comune di Parma, la popolazione della Provincia e quella della Regione Emilia Romagna.

Anno	Abitanti Comune di Parma	Abitanti Regione Emilia Romagna	Fattore di Correzione Anagrafica Regione	Abitanti Provincia di Parma	Fattore di Correzione Anagrafica provincia
1990	173991	3.928.733	0,0443	395369	0,44007244
1991	170520	3906702	0,0436	390779	0,43635917
1992	170555	3.920.223	0,0435	392232	0,43483194
1993	169229	3.916.262	0,0432	391909	0,43180687
1994	168387	3.922.604	0,0429	391817	0,4297593
1995	167.516	3.924.456	0,0427	392018	0,42731711
1996	167.504	3.937.924	0,0425	393549	0,42562426
1997	167.165	3.947.102	0,0424	393971	0,42430788
1998	167.523	3.959.770	0,0423	394914	0,42420122
1999	168.717	3.981.146	0,0424	397092	0,42488139
2000	170.031	4.008.663	0,0424	399986	0,42509238
2001	171.434	3.983.000	0,0430	393353	0,43582736
2002	172.227	4.030.220	0,0427	396782	0,43405951
2003	172.039	4.080.479	0,0422	399738	0,4303794
2004	174.471	4.151.369	0,0420	413198	0,42224551
2005	175.789	4.160.786	0,0422	414076	0,42453318
2006	175.609	4.195.916	0,0419	417328	0,42079372
2007	177.268	4.248.712	0,0417	422997	0,41907626
2008	182.389	4.312.047	0,0423	430527	0,42364126
2009	162.274	4.142.566	0,0392	430527	0,37691997
2010	164.041	4.156.831	0,0395	430527	0,3810227

Tab.3.1: popolazioni Comune di Parma, Regione Emilia Romagna, Provincia di Parma

Fattore di correzione anagrafica

Una volta note le stime sulle popolazioni e i collegati fattori di correzione anagrafica, si è seguito un approccio così detto *top-down* per determinare i fabbisogni energetici comunali elaborando i dati forniti dalle serie storiche dei fabbisogni energetici e delle emissioni regionali, fornite dal Piano Energetico Regionale del 2007 [3.1] e da quello del 2004 [3.2], nonché da dati forniti dai database di Unioncamere Emilia-Romagna e quindi utilizzando proprio i fattori correttivi prima definiti.

Le tabelle 3.2 e 3.3 e la figura 3.1 mostrano l'evoluzione delle serie storiche di fabbisogni ed emissioni climalteranti, calcolati con riferimento alla procedura *top – down*, dal 1990 al 2008. I valori degli anni compresi dal 2008 al 2010 sono stati stimati con riferimento a quelle che dovrebbero essere le variazioni medie per arrivare, al 2010, ai consumi per settore come da stime del Piano Energetico Regionale [3.1]. Le serie storiche degli anni 2011-2020 sono stati invece calcolati in relazione a quella che sarebbe la loro spontanea evoluzione.

La tabella 3.4, infine, fornisce, con rappresentazione a istogramma, una indicazione della distanza tra i valori annuali delle emissioni inquinanti del Comune e l'obiettivo di Kyoto secondo la procedura *top-down*.

Fabbisogno energetico per fonte														
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
combustibili solidi	1,550038	1,571328	2,523348	1,90212	1,802934	2,39036	2,296944	1,566987	1,26918	0,974717	1,187648	0,04874	1,49569	0,252966
prodotti petroliferi	201,7264	200,9117	200,8237	198,3825	185,7022	180,1307	174,908	196,9322	196,4268	201,2579	199,5249	8,188301	216,9605	219,3215
combustibili gassosi	222,364	223,1286	218,1391	218,3115	209,7413	224,8646	236,7979	225,5614	229,8062	237,4072	238,7597	9,798458	260,0364	286,1467
fonti rinnovabili	0,97431	1,047552	1,131156	1,03752	1,28781	1,28055	0,85072	1,397583	1,438404	1,525644	1,823888	0,074851	1,367488	1,349152
energia elettrica	62,66582	62,85312	64,60641	65,14761	67,91051	71,07053	72,86417	74,70716	77,5469	79,92679	84,0261	3,448347	89,14312	91,70018

Tab 3.2 a : Fabbisogno energetico per fonte (procedura top-down)

Domanda Energetica

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Settore Civile	1492	1585	1716	1843	2075	2049	2034	2087	2142	2121	2138	2154	2170	2272	2313	2436	2646
Settore Industriale	1354	1510	1780	1843	2010	1967	1983	2067	2154	2165	2214	2264	2315	2404	2465	2649	2966
Settore Trasporti	1192	1270	1568	1669	1686	1722	1743	1823	1907	1923	1974	2025	2076	2119	2170	2326	2593
Settore Agricolo	142	134	182	191	199	203	205	214	223	225	230	236	241	251	258	279	315
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Totale	4208	4501	5237	5551	5757	5944	5959	6175	6400	6397	6509	6621	6734	6985	7140	7614	8426

Tab. 3.2: bilancio energetico Comune di Parma (procedura top – down)

Emissioni Climalteranti [CO₂]

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Settore Civile	270	273	296	319	329	305	304	314	324	323	327	332	336	335	338	348	363
Settore Industriale	244	257	287	309	319	301	300	310	320	319	323	327	332	344	350	367	395
Settore Trasporti	297	311	388	418	431	431	430	444	458	456	462	469	475	501	512	545	601
Settore Agricolo	30	29	37	40	41	35	35	36	38	37	38	38	39	41	41	43	46
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Totale	1084	988	1162	1252	1292	1382	1380	1424	1470	1464	1484	1504	1525	1564	1595	1690	1853

Tab. 3.3: inventario emissioni climalteranti Comune di Parma (procedura top – down)

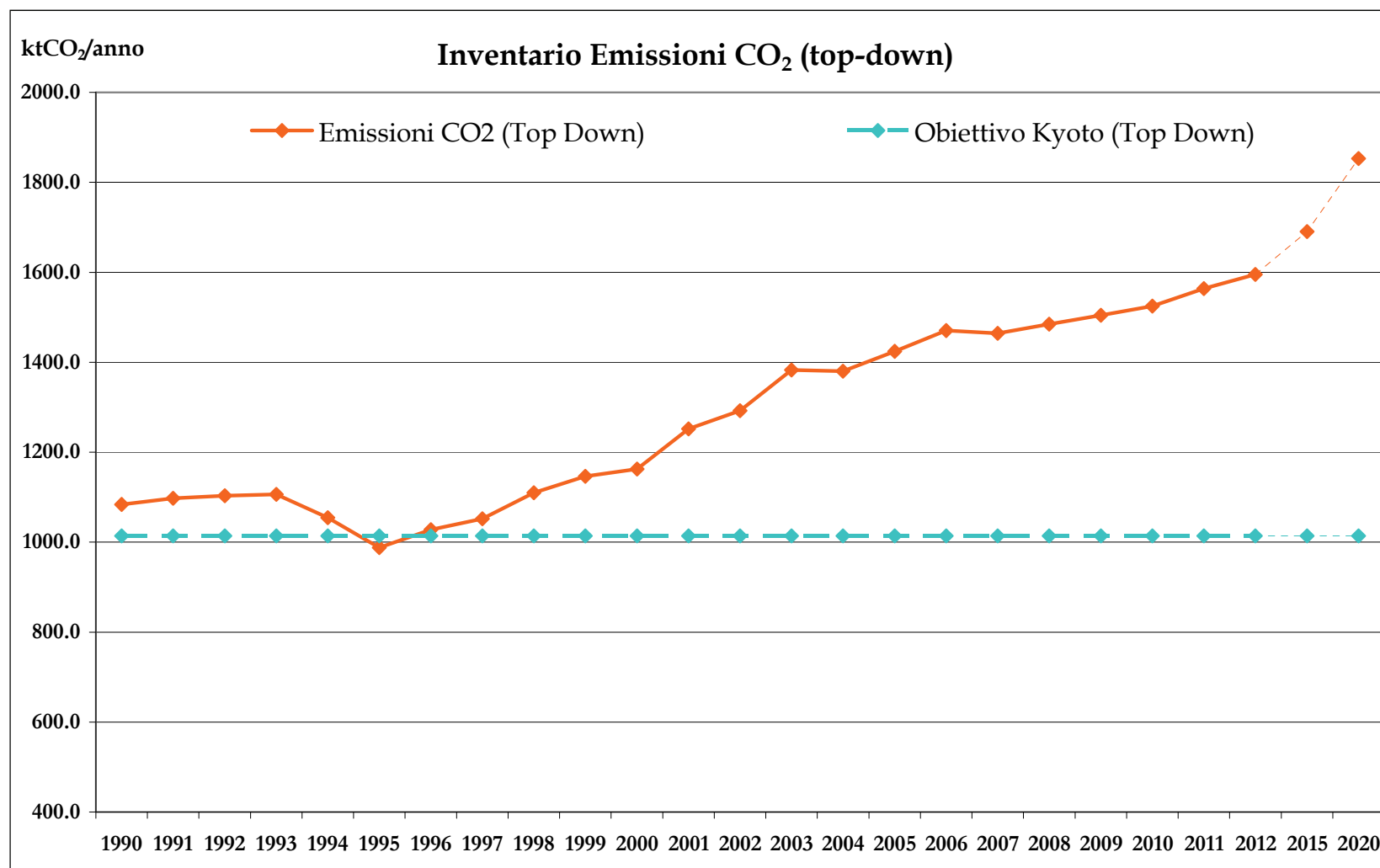
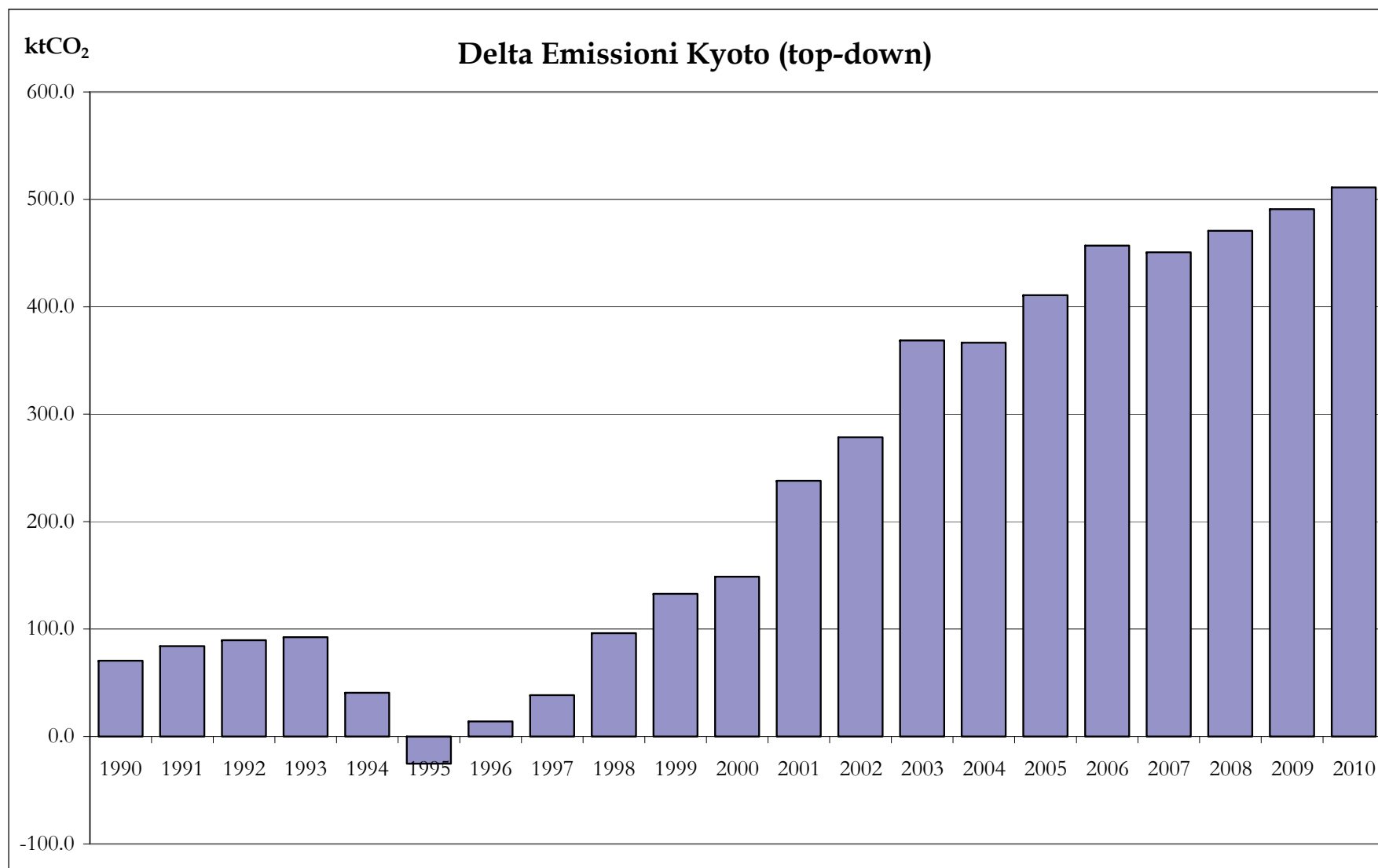


Fig. 3.1: archivio emissioni climalteranti Comune di Parma (procedura top-down).



Tab. 3.4: distanza tra i valori annuali emissioni climalteranti Comune di Parma - obiettivo Kyoto (procedura top-down).

3.3 SETTORE TRASFORMAZIONE ENERGIA ELETTRICA

Le politiche energetiche basate su cogenerazione e teleriscaldamento sono a Parma una realtà abbastanza recente (2000)

Anche per questo, il sistema di teleriscaldamento urbano di Parma (Fig. 3.2) rappresenta oggi soltanto una piccola quota parte del sistema di produzione energetica elettrica e termica della città. Dal 2001 la rete si è sviluppata ed è accresciuta andando a servire parti sia della città storica che del primo territorio forense. Allo stato attuale si stanno analizzando i dati storici e i possibili scenari di sviluppo della rete stessa anche in funzione delle strategie aziendali di Enia, nonché delle imposizioni normative regionali sull'efficienza energetica degli edifici.

3.3.1 VALUTAZIONE DEI VANTAGGI ENERGETICI E AMBIENTALI DELLA RETE DI COGENERAZIONE/TELERISCALDAMENTO

I vantaggi e i benefici connessi agli elevati coefficienti di utilizzazione dei combustibili sono quindi patrimonio della cittadinanza da quasi trenta anni [3.4-3.5].

Nella redazione dei bilanci energetici ed emissivi sviluppati nel Piano, si è reso necessario valutare accuratamente il parco tecnologico cogenerativo cittadino con particolare riferimento alla sua composizione nei diversi anni.

In particolare occorre prima di tutto individuare una metodologia che consentisse di valutare i benefici connessi al minore utilizzo di energia primaria fossile e alle minori emissioni climalteranti, in relazione all'utilizzo della stessa energia primaria per la contestuale produzione di energia elettrica, termica e frigorifera.

Le Comunicazioni di Enia [3.6], sono state il riferimento principale in queste indagini fornendo tutte le informazioni necessarie a comprendere il funzionamento delle stazioni a cogenerazione e la loro evoluzione tecnologica negli ultimi anni.

Esse hanno fornito indicazioni sui volumi di acquisto di gas naturale e di altri combustibili fossili, effettuati dalla Società Enia (un tempo AMPS) dal 1990 ad oggi.

Alcuni di questi dati sono presentati anche nello Studio propedeutico al Piano energetico comunale di Reggio Emilia [3.3] per le annate 1995-2000, e sono disponibili sebbene in forma parziale, nei Bilanci Ambientali di Previsione/Consuntivi, che il Comune di Parma [3.7-3.12] elabora.

La ricostruzione del bilancio energetico Comunale nel settore della trasformazione dell'energia, presentava qualche piccola lacuna nelle annate comprese tra il 2001 e il 2004, in particolare per quanto concerneva la produzione di energia elettrica e la consegna di energia termica e frigorifera alle utenze allacciate alla rete.

A questo proposito è stata individuata una procedura che ha consentito di giungere alla stima dei valori mancanti.

Si è proceduto in prima istanza a determinare il numero di utenze allacciate alla rete. Queste erano disponibili dal Bilancio Ambientale di Previsione del Comune di Parma per l'anno 2006 [3.10] per le annate dal 2000 al 2005; negli anni compresi tra il 1990 e il 2000 si disponeva invece del dato relativo alla sola volumetria allacciata alla rete [3.3].

Si è così ipotizzato di determinare un numero di utenze "equivalenti" semplicemente dividendo il valore volumetrico integrato per un valore volumetrico rappresentativo dell'utenza tipo caratterizzata, al lordo di murature e strutture di orizzontamento, da una superficie di 120 metri quadrati e una altezza di quattro metri per complessivi quattrocentottanta metri cubi da riscaldare.

Il confronto, condotto con riferimento al dato del 2000, annata coperta da entrambe le fonti, ha fornito soddisfacenti corrispondenze.

Per le annate successive al 2005 si è considerata la evoluzione spontanea della serie storica.

Per il periodo successivo al 2010 si è invece assunto che il numero delle utenze allacciate alla rete si mantenga grossomodo costante in ragione di un rallentamento dell'espansione urbana a fronte di un alquanto probabile stabilizzazione del *trend* demografico della città.

Una volta noto o stimato il numero di utenze allacciate, per determinare l'energia elettrica prodotta e le energie termica e frigorifera consegnate alle utenze finali, si è fatto riferimento ai valori forniti dal Rapporto sull'inquadramento ambientale ed energetico della nuova centrale turbogas da 55 MWe del Comune di Parma [3.4], relativamente alla configurazione di parco centrali dello stato di fatto (anni 2000-2003), avendo poi cura di "rimuovere il filtro" costituito dalla destagionalizzazione nella valutazione della sola energia termica.

Per quanto riguarda l'energia elettrica e le energia frigorifera (prodotta in centrale e/o direttamente presso le utenze), per le annate dal 2001 al 2004 (anno di effettiva entrata in funzione della nuova centrale turbogas), si è ipotizzata, per la prima una produzione costante, pari a quella fornita dallo Studio di Ambiente Italia [3.4], per la seconda, una produzione crescente correlata all'aumento del numero di utenze allacciate alla rete.

Per la valutazione dell'energia termica, si è inizialmente determinata la quantità di energia termica destagionalizzata fornita mediamente all'utenza ($0.0066 \text{ MWh/gg*utenza}$), dividendo il valore caratteristico delle annate 2001-2004, come da Studio di Ambiente Italia [3.4], per il numero di utenze allacciate.

La stima dell'energia termica complessivamente prodotta e consegnata alle utenze è stata semplicemente determinata nei diversi anni, moltiplicato il valore così determinato per il numero di gradi giorno registrato e per il numero di utenze allacciate.

La ricostruzione del bilancio energetico relativo all'incenerimento è stata sviluppata per via più analitica. Il Conto Consuntivo Ambientale 2006 [3.11], elaborato dal Comune di Parma, forniva i dati relativi alla produzione dei rifiuti urbani in chilogrammi per abitante all'anno e la percentuale degli stessi smaltiti per termodistruzione attraverso l'inceneritore.

Poiché era noto il numero di abitanti del Comune, il calcolo dei rifiuti condotti all'inceneritore per essere ivi termovalorizzati risultava determinabile in modo molto preciso.

Noto il loro potere calorifico dalla Direttiva Europea 2004-156-CE [3.14] è altrettanto immediato il calcolo dell'energia primaria associata agli stessi rifiuti.

Per quanto concerne l'inceneritore, si è ipotizzato un suo futuro completo arresto in linea con l'indirizzo politico della Amministrazione Comunale e con il suo straordinario impegno nella promozione della raccolta differenziata.

I valori per le annate successive al 2006 sono stati stimati in relazione all'incremento delle utenze allacciate (*i.e.* ipotizzando così una ulteriore espansione della rete), all'evoluzione spontanea delle serie storiche, a ipotesi conservative (su inceneritore e rinuncia ad utilizzare combustibili fossili diversi dal gas naturale).

In particolare la procedura adottata per valutare i fabbisogni è risultata molto simile a quella, già descritta in precedenza, prevista per determinare i dati mancanti delle annate 2001-2004.

Per l'energia frigorifera e l'energia termica consegnata, sono stati calcolati i valori riferiti rispettivamente Q_c alla singola utenza allacciata e Q_h alla singola utenza allacciata destagionalizzata (dividendo il valore integrato per il numero di gradi giorno (GG) misurati nell'anno in esame).

Questi valori, determinati con riferimento alle annate 2005 e 2006, dopo essere stati mediati tra loro, sono stati così assunti come parametri caratterizzanti la configurazione di stato di fatto del parco cogenerativo.

$$Q_c = 1.132 \text{ MWh}_f / \text{utenza} \quad (3.1)$$

$$Q_h = 0.006 \text{ MWh}_t / \text{GG} * \text{utenza} \quad (3.2)$$

Per la valutazione dell'energia elettrica e della quantità di gas naturale utilizzato per alimentare le centrali si è ipotizzato un *trend* di crescita analogo a quello dei fabbisogni di energia termica, supponendo così un funzionamento delle centrali con rendimenti medi caratteristici annui costanti.

La tabella 3.5 fornisce indicazioni sui quantitativi di gas naturale utilizzato nelle centrali insieme ad una valutazione dell'energia elettrica, termica e frigorifera prodotta con questo combustibile e consegnata alla rete (elettricità) e agli utilizzatori finali (termica).

Domanda Energetica Settore Trasformazione Energia Elettrica

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Combustibile																					
Gas Naturale	79.7 ^[6]	150.9 ^[3,6]	161.7 ^[3,6]	181.4 ^[3,6]	226.0 ^[3,6]	461.3 ^[3,6]	514.0 ^[3,6]	502.0 ^[3,10]	552.5 ^[3,10]	565.9 ^[3,10]	1013.1 ^[3,10]	1193.7 ^[3,10]	1201.2 ^[6]	1142.5 ^[46]	1281.7 ^[1-]	1326.6 ^[1-]	1371.5 ^[1-]	1371.5 ^[1-]	1371.5 ^[1-]	1371.5 ^[1-]	1371.5 ^[1-]
Carbone	77.7 ^[6]	129.8 ^[3,6]	156.8 ^[3,6]	151.9 ^[3,6]	135.1 ^[3,6]	48.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[6]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Gasolio	6.9 ^[6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[6]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Rifiuti	189.8 ^[6]	169.5 ^[3,6]	205.5 ^[3,6]	189.9 ^[3,6]	222.2 ^[3,6]	246.0 ^[3,6]	249.6 ^[3,6]	212.7 ^[3,10]	48.8 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	86.6 ^[3,10]	175.6 ^[6]	217.5 ^[46]	217.5 ^[1-]	217.5 ^[1-]	217.5 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Totale	354.1	450.2	524.0	523.2	583.3	755.2	763.6	714.7	601.3	565.9	1013.1	1280.4	1376.8	1360.0	1499.2	1544.1	1589.0	1371.5	1371.5	1371.5	1371.5
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Energia Elettrica [a]	15.4 ^[46]	41.7 ^[46]	48.0 ^[46]	51.6 ^[46]	49.3 ^[46]	60.7 ^[46]	71.8 ^[46]	44.9 ^[46]	77.8 ^[46]	47.3 ^[46]	280.3 ^[46]	421.0 ^[46]	432.4 ^[46]	415.4 ^[46]	456.7 ^[1-]	472.7 ^[1-]	488.7 ^[1-]	488.7 ^[1-]	488.7 ^[1-]	488.7 ^[1-]	488.7 ^[1-]
Energia Termica Riscaldamento [b]	147.0 ^[6]	200.6 ^[3,6]	303.6 ^[3,6]	232.7 ^[3,6]	277.3 ^[3,6]	301.0 ^[3,6]	301.9 ^[46]	308.6 ^[46]	302.4 ^[46]	346.9 ^[46]	365.6 ^[46]	391.3 ^[46]	358.1 ^[46]	343.9 ^[46]	401.0 ^[1-]	415.1 ^[1-]	429.1 ^[1-]	429.1 ^[1-]	429.1 ^[1-]	429.1 ^[1-]	429.1 ^[1-]
Energia Frigorifera [c]	0.8 ^[6]	7.4 ^[3,6]	7.4 ^[3,6]	10.2 ^[3,6]	10.6 ^[3,6]	10.3 ^[46]	11.0 ^[3,6]	11.8 ^[46]	13.0 ^[46]	19.8 ^[46]	26.0 ^[46]	30.2 ^[46]	25.5 ^[46]	26.2 ^[46]	31.0 ^[1-]	32.1 ^[1-]	33.2 ^[1-]	33.2 ^[1-]	33.2 ^[1-]	33.2 ^[1-]	33.2 ^[1-]
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Benefici da Cogenerazione/Elettrico [d]	43.5	45.3	8.3	50.2	49.6	109.2	106.7	87.8	11.1	-0.1	-129.9	-237.9	-146.3	-109.9	-141.7	-153.1	-164.5	-348.1	-348.1	-348.1	-348.1
Benefici da Cogenerazione/Termico [d]	87.8	44.4	10.8	46.0	56.4	110.7	92.1	120.5	8.8	-0.2	-35.3	-46.4	-25.5	-19.1	-26.1	-28.2	-30.3	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2
Rendimento Elettrico Medio Parco [e]	0.044	0.097	0.096	0.104	0.090	0.084	0.098	0.068	0.135	0.094	0.285	0.336	0.320	0.312	0.311	0.313	0.314	0.364	0.364	0.364	0.364
Rendimento Termico Medio Parco [f]	0.415	0.446	0.579	0.445	0.475	0.398	0.395	0.432	0.503	0.613	0.361	0.306	0.260	0.253	0.267	0.269	0.270	0.313	0.313	0.313	0.313
Coeff. Allocations Exergetica Elettrico	0.331	0.505	0.435	0.522	0.468	0.497	0.537	0.422	0.557	0.416	0.786	0.837	0.852	0.852	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844
Coeff. Allocations Exergetica Termico	0.669	0.495	0.565	0.478	0.532	0.503	0.463	0.578	0.443	0.584	0.214	0.163	0.148	0.148	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156

[num] riferimento da bibliografia

[-] stima

[- -] nessuna fonte disponibile

[a] energia elettrica consegnata alla rete elettrica di distribuzione

[b] energia termica consegnata agli utilizzatori finali e ivi misurata

[c] energia frigorifera consegnata agli utilizzatori finali e ivi misurata (somma utenze raggiunte da fluido termovettore caldo e freddo)

[d] tiene conto del minor fabbisogno di energia primaria per il soddisfacimento dei fabbisogni consentito dalla cogenerazione, i valori negativi sono i benefici

[e] rendimento "equivalente", media annua centrali cogen./telersc.

[f] rendimento "equivalente", media annua centrali cogen./telersc.

Tab. 3.5: bilancio energetico settore trasformazione energia elettrica (procedura bottom - up)

La conoscenza dei bilanci energetici delle centrali ha consentito di ricostruire il relativo quadro emissivo.

Una volta note le quantità in volume o in massa dei diversi combustibili fossili e dei rifiuti portati a combustione, le emissioni di anidride carbonica annualmente immesse in atmosfera dalle centrali sono state determinate mediante i fattori di emissione forniti dall'inventario nazionale UNFCCC delle emissioni di CO₂, elaborato, in osservanza della Direttiva 2004-156-CE [3.14], da APAT, Centro Telematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni [3.15] e dalle stime di Issi. Studio propedeutico al Piano energetico Comunale [3.3] per quanto concerneva alcuni combustibili utilizzati per l'autotrazione.

In tabella 3.6 sono riepilogati i valori di potere calorifico inferiore, fattore di emissione di riferimento, coefficiente di ossidazione (default IPCC), utilizzati per la stima delle emissioni climalteranti.

	Unità di misura usata per esprimere il consumo di combustibile	Fattore di Emissione di riferimento (t _{CO2} /unità misura quantità)	Coefficiente di Ossidazione (default IPCC)	pci (di riferimento)	unità di misura pci
Gas naturale	[t _{CO2} /MWh] ^[14]	0.200	^[14] 0.995	^[14] 9.811	^[14] kWh/smc
Gasolio per riscaldamento	[t _{CO2} /MWh] ^[14]	0.268	^[14] 0.990	^[14] 1.019	^[14] tep/t
Kerosene	[t _{CO2} /MWh] ^[15]	0.261	^[15] 0.990	^[14] 1.040	^[14] tep/t
GPL	[t _{CO2} /MWh] ^[15]	0.225	^[15] 0.990	^[14] 1.102	^[14] tep/t
benzine super e verde	[t _{CO2} /MWh] ^[14]	0.258	^[14] 0.990	^[14] 1.045	^[14] tep/t
gasolio autotrazione	[t _{CO2} /MWh] ^[3]	0.266	^[3] 0.990	^[14] 1.019	^[3] tep/t
miscela	[t _{CO2} /MWh] ^[3]	0.249	^[3] 0.990	^[14] 1.045	^[3] tep/t
olio combustibile	[t _{CO2} /MWh] ^[14]	0.279	^[14] 0.990	^[14] 0.974	^[14] tep/t
Carbone	[t _{CO2} /MWh] ^[14]	0.341	^[14] 0.980	^[14] 0.624	^[14] tep/t
Rifiuti	[t _{CO2} /MWh] ^[14]	0.176	^[14] 0.980	^[14] 0.359	^[14] tep/t

[num] riferimento da bibliografia
 [-] stima
 [- -] nessuna fonte disponibile

Tab. 3.6: potere calorifico, fattore di emissione e coefficiente di ossidazione dei diversi combustibili

L'evoluzione del quadro emissivo del settore negli anni dal 1990 al 2006 è di tutto rilievo. L'entrata in esercizio della nuova centrale a cicli combinati, unitamente al *revamping* delle più vecchie stazioni di cogenerazione hanno infatti consentito un notevole sviluppo della rete.

E' così di tutta evidenza che, a fronte di un sostanziale aumento della domanda energetica per l'alimentazione delle centrali, e delle emissioni ad essa correlate, si è assistito, come conseguenza, anche ad una sempre minore diffusione su scala puntuale (singola utenza o condominio) di sistemi energetici alternativi (caldaie, gruppi frigoriferi, *etc.*).

I vantaggi energetici ed ambientali connessi all'adozione di sistemi di teleriscaldamento/teleraffrescamento devono essere così valutati in riferimento a quella che sarebbe stato lo scenario alternativo (*benchmark*) alla crescita e alla diffusione delle reti termovettrici.

In questo scenario l'approvvigionamento di energia termica sarebbe stato in ogni caso garantito dai sistemi tradizionali: caldaie alimentate con combustibili diversi, diffuse in proporzione verosimilmente simile a quella caratterizzante la distribuzione per tipologia di impianto termico in esercizio.

L'energia frigorifera sarebbe invece prodotta mediante l'operare di gruppi frigoriferi tradizionali a compressione. Essendo questi ultimi alimentati da energia elettrica, ne consegue che i benefici devono essere valutati facendo riferimento al minor utilizzo di quest'ultima.

Infine, per quanto riguarda l'energia elettrica, si è considerato che la produzione locale nelle stazioni di cogenerazione, abbia evitato un equivalente prelievo di energia elettrica, prodotta altrove, dalla rete.

In quest'ottica la realizzazione di impianti di cogenerazione appare come un intervento del tutto auspicabile in virtù del fatto che cerca di soddisfare la domanda energetica locale, senza dover ricorrere all'acquisto di energia elettrica che innanzi tutto, essendo prodotta in un luogo diverso, è soggetta a dissipazioni nelle fasi di trasmissione, in seconda istanza finisce per gravare sul bilancio ambientale di altri.

E' altresì realistico che in un mercato energetico ormai di carattere transnazionale, le zone territorialmente più vocate alla produzione o alla distribuzione dell'energia provvedano, almeno in parte, all'approvvigionamento di aree, come la Pianura Padana, più svantaggiate a causa delle scarse potenzialità (giacimenti, fonte solari, fonte eolica), e vulnerabili (per la scarsa dinamica atmosferica) a fronte della realizzazione di centrali.

La valutazione dei benefici della rete di teleriscaldamento/cogenerazione procede quindi attraverso due fasi successive, nella prima delle quali è valutato il minor consumo di energia primaria fossile a fronte del soddisfacimento dei medesimi fabbisogni coperti dalla centrale, nella seconda è valutato invece il decremento di emissioni climalteranti ottenuto grazie alla azione cogenerativa di questi sistemi energetici.

I BENEFICI ENERGETICI

Occorre innanzi tutto specificare che le analisi che seguono hanno considerato il parco delle sei centrali di cogenerazione/teleriscaldamento di proprietà Enia, in esercizio nel Comune di Parma, come un unico grande parco cogenerativo, senza scendere nel dettaglio delle singole realtà impiantistiche. Questo approccio, del tutto coerente con le finalità del Piano, non può essere utilizzato per valutare le prestazioni del singolo impianto (per le quali si rimanda alle specifiche pubblicazioni), se non incorrendo in probabili errori di valutazione.

I rendimenti calcolati considerando le centrali nel loro insieme, sono definiti dai seguenti rapporti [3.16]:

$$\eta_T = \frac{E_T}{E_P} \quad (2.1)$$

$$\eta_E = \frac{E_E}{E_P} \quad (2.2)$$

essendo:

η_T il rendimento termico caratteristico del parco di centrali di cogenerazione / teleriscaldamento,

η_E il rendimento elettrico caratteristico del parco di centrali di cogenerazione / teleriscaldamento,

E_P l'energia primaria immessa nel sistema (nei sistemi di cogenerazione),

E_T l'energia termica (per riscaldamento) consegnata alle utenze finali dalla rete di teleriscaldamento,

E_E la somma dell'energia elettrica prodotta dai sistemi di cogenerazione e di quella risparmiata grazie al teleraffrescamento (minore operare dei *chillers* a compressione).

I risultati sono riassunti in tabella 3.7

Il rendimento elettrico caratteristico dell'intero parco risulta quindi essere, in apparenza, decisamente basso, tanto da risultare inferiore rispetto a quello di impianti cogenerativi a ciclo semplice di vecchia generazione. In realtà, come è stato anticipato ad inizio paragrafo, tale valore non è adeguato a descrivere singolarmente le prestazioni delle singole centrali attualmente in esercizio, caratterizzate, invece, da elevati rendimenti elettrici, ma risulta essere funzionale alle valutazioni per il calcolo dei benefici energetici ed ambientali integrali connessi all'esercizio dell'intero parco.

La procedura per il calcolo dei benefici energetici presuppone la valutazione dell'indice di risparmio di energia primaria [3.16] definito come.

$$REP = 1 - \frac{E_P}{E_{P,C} + E_{P,E}} \quad (3.3)$$

dove:

REP è l'indice di energia primaria risparmiata,

E_P è l'energia primaria immessa nel sistema (nei sistemi di cogenerazione)

$E_{P,C}$ è l'energia primaria immessa nei sistemi tradizionali alternativi (caldaie) per la conversione in energia termica

$E_{P,E}$ è l'energia primaria immessa nel sistema tradizionale (rete nazionale) per la conversione in energia meccanica/elettrica.

In termini assoluti il risparmio di energia primaria R può essere semplicemente calcolato con la:

$$R = (E_{P,C} + E_{P,E}) - E_P \quad (3.4)$$

In particolare se la valutazione del termine $E_{P,C}$ risulta essere particolarmente semplice essendo uguale a:

$$E_{P,C} = \frac{E_T}{\bar{\eta}_T}, \quad (3.5)$$

ove:

E_T è l'energia termica (per riscaldamento) consegnata alle utenze finali dalla rete di teleriscaldamento,

$\bar{\eta}_T$ è il rendimento medio di conversione energia chimica combustibile – energia termica all'impianto di riscaldamento caratterizzante il paniere di sistemi impiantistici tradizionali (caldaie) in esercizio nel Comune di Parma, assunto uguale a 80%,

occorre valutare con più attenzione il termine $E_{P,E}$ in quanto i benefici connessi alla trigenerazione, valutati con riferimento ad un minore operare dei *chillers* ad assorbimento, vanno ad influenzare direttamente questo termine:

$$E_{P,E} = \frac{E_E}{\bar{\eta}_E} \quad (3.6)$$

ove:

E_E è la somma dell'energia elettrica prodotta dai sistemi di cogenerazione e di quella risparmiata grazie al teleraffrescamento (minore operare dei *chillers* a compressione).

$\bar{\eta}_E$ è il rendimento medio di conversione energia chimica combustibile – energia elettrica caratterizzante il parco di centrali elettriche nazionali. Il riferimento cautelativamente adottato per questa analisi è il valore del 40 % fornito dalla Delibera n. 296/05 della Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas [3.17] come riferimento “aggiornato all'evoluzione, negli ultimi anni, del rendimento elettrico netto medio del parco termoelettrico nazionale”.

In particolare E_E può essere quindi così determinato:

$$E_E = E_{el} + \left(\frac{E_C}{COP_{CC}} \right) + \left(\frac{E_{R,T} COP_{AC}}{COP_{CC}} \right) \quad (3.7)$$

dove:

E_{el} è la energia elettrica prodotta in centrale e consegnata alla rete elettrica al netto degli autoconsumi,

E_C è l'energia frigorifera (acqua refrigerata) misurata alla consegna alle utenze, al netto delle perdite della rete, ma prodotta in centrale, da gruppi frigoriferi ad assorbimento sfruttando il cascame entalpico dal condensatore o i recuperi termici,

$E_{R,T}$ è l'energia termica (acqua calda) misurata alla consegna alle utenze, al netto delle perdite della rete, utilizzata per alimentare i gruppi frigoriferi ad assorbimento in esercizio direttamente presso le utenze.

COP_{CC} coefficiente di performance medio (assunto pari a 3) dei gruppi frigoriferi a compressione il cui funzionamento è surrogato dalla trigenerazione consentita dalle centrali

COP_{AC} coefficiente di performance medio (assunto pari a 0.7) dei gruppi frigoriferi di assorbimento in esercizio presso le utenze

Occorreva quindi individuare una procedura per potere allocare i benefici ottenuti in relazione alle diverse forme di energia consegnata alle utenze con l'impianto di cogenerazione. L'allocazione delle emissioni ai due prodotti della cogenerazione, energia termica ed energia elettrica, è stata effettuata sviluppando una analisi exergetica, o di secondo principio[3.16].

I principi che stanno alla base di tale analisi prevedono di valutare l'exergia immessa nel processo, in prima approssimazione eguale all'energia chimica del combustibile, l'exergia associata all'energia elettrica resa assumendo questa pari alla stessa energia elettrica, l'exergia associata all'energia termica resa in relazione al livello di temperatura a cui essa è disponibile mediante il coefficiente di Carnot \square :

$$\tau = 1 - \frac{T_{AMB}}{T_{MU}} \quad (3.8)$$

ove:

T_{AMB} è la temperatura ambiente, assunta pari a 293 gradi Kelvin

T_{MU} è la temperatura media logaritmica dell'utenza termica, assunta pari a 373 gradi Kelvin (ipotizzando quindi che il calore prodotto negli impianti di cogenerazione sia utilizzato soltanto nel teleriscaldamento, non nei processi industriali).

I coefficienti di allocazione, da utilizzare per attribuire il giusto peso alle diverse forme di energia nelle valutazioni dei benefici energetici ed ambientali, possono essere quindi determinati secondo le seguenti relazioni [3.4, 3.16]:

coefficiente di allocazione elettrica:

$$\alpha_E = \frac{\eta_E}{(\eta_E + \tau \cdot \eta_T)} = \frac{\eta_E}{\left(\eta_E + \left(1 - \frac{T_{AMB}}{T_{MU}} \right) \cdot \eta_T \right)} \quad (3.9)$$

coefficiente di allocazione termica:

$$\alpha_T = 1 - \alpha_E \quad (3.10)$$

I coefficienti così determinati (tabella 2.5), rappresentando un riferimento per l'intero parco dei sei impianti di cogenerazione/teleriscaldamento, sono evidentemente influenzati dalla presenza di centrali non cogenerative.

Questo aspetto può spiegare i bassi valori associati ai coefficienti di allocazione exergetica per l'energia elettrica fino al 2004, anno in cui, a seguito dell'entrata in esercizio della centrale a cicli combinati, la situazione si è completamente invertita.

Una volta noto il risparmio di energia primaria R ottenuto grazie all'esercizio del parco delle sei centrali, i benefici energetici associabili rispettivamente alla produzione di energia elettrica e di energia termica, sono stati determinati, anno per anno, moltiplicando il primo valore per i coefficienti di allocazione elettrica e termica. I risultati, mostrati in tabella 3.5 mostrano i grandi vantaggi conseguiti con il risparmio energetico connesso alla cogenerazione.

I BENEFICI AMBIENTALI (EMISSIONI CLIMALTERANTI)

Nell'analisi dei benefici ambientali occorre distinguere in due tipologie di benefici connessi all'operare del parco cogenerativo:

_ i benefici connessi alle minori emissioni specifiche

_ i benefici connessi alla produzione e distribuzione locale dell'energia elettrica e termica.

E' del tutto evidente che la produzione di energia elettrica e termica utilizzando sistemi ad alta efficienza porta, quasi sempre, a una limitazione anche delle emissioni specifiche.

Una volta individuati gli impianti costituenti il *benchmark* di riferimento, ancora una volta il paniere delle centrali termiche caratteristico del Comune di Parma e la rete elettrica, si è proceduto alla valutazione delle rispettive emissioni specifiche.

Per le caldaie si è fatto riferimento al mix di centrali termiche operanti nel Comune (i dati relativi sono presentati nel prossimo paragrafo), e al combustibile destinato alla loro alimentazione, determinando, sempre con riferimento ai fattori di emissione e ai coefficienti di ossidazione presentati in tabella 2.6 le rispettive emissioni specifiche.

Per la valutazione delle emissioni specifiche associate alla produzione di energia elettrica si è fatto riferimento ai valori forniti da una pubblicazione del settore [3.18], procedendo alla stima dei dati mancanti.

I benefici sono stati così determinati, anno per anno, come differenza tra le emissioni fatte registrare complessivamente dagli impianti di cogenerazione/teleriscaldamento moltiplicati per il rispettivo fattore di allocazione e le emissioni che si sarebbero altrimenti prodotte se equivalenti quantitativi di energia elettrica e termica fossero stati forniti da impianti tradizionali o dalla rete (tab. 3.7); i valori negativi in tabella rappresentano benefici.

Le formule utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

$$\Delta_E = \alpha_E \left[(V_{CH_4} \cdot p.c.i._{CH_4} \cdot f_{CH_4} \cdot o_{CH_4}) + \left(\sum_i m_i \cdot p.c.i._i \cdot f_i \cdot o_i \right) \right] - \left(E_{el} + \left(\frac{E_C}{COP_{CC}} \right) + \left(\frac{E_{R,T} COP_{AC}}{COP_{CC}} \right) \right) f_e \quad (3.11)$$

$$\Delta_T = \alpha_T \left[(V_{CH_4} \cdot p.c.i._{CH_4} \cdot f_{CH_4} \cdot o_{CH_4}) + \left(\sum_i m_i \cdot p.c.i._i \cdot f_i \cdot o_i \right) \right] - (E_T) f_T \quad (3.12)$$

ove, oltre ai simboli già precedentemente illustrati,

η_E è il beneficio connesso alle minori emissioni specifiche per la quota dell'energia elettrica.

η_T è il beneficio connesso alle minori emissioni specifiche per la quota dell'energia termica.

V_{CH_4} è il volume di gas naturale utilizzato per alimentare le centrali del parco di cogenerazione

m è la massa dell' i -esimo combustibile utilizzato per alimentare gli impianti di cogenerazione

i e l' i -esimo combustibile utilizzato per alimentare gli impianti di cogenerazione (RSU, gasolio e carbone negli anni novanta)

$p.c.i.$ è il potere calorifico dell' i -esimo combustibile utilizzato per alimentare gli impianti di cogenerazione (tab. 2.6),

f è il fattore di emissione relativo all' i -esimo combustibile utilizzato per alimentare gli impianti di cogenerazione (tab. 2.6),

o è il coefficiente di ossidazione relativo all' i -esimo combustibile utilizzato per alimentare gli impianti di cogenerazione (tab. 3.6),

f_e è il fattore di emissione di *benchmark* relativo alla produzione di energia elettrica determinato come da letteratura [3.18],

f_T è il fattore di emissione di *benchmark* relativo alla produzione di energia termica determinato come da letteratura [3.18].

I così detti benefici connessi alla produzione locale di energia, in realtà non sono a rigore dei veri e propri benefici. Volendo infatti trascurare il fatto che l'utilizzo locale e il mancato vettoriamento dell'energia porta benefici in quanto limita le dissipazioni connesse al suo trasporto e, eventualmente, alla sua trasformazione, fenomeni peraltro di cui si è già tenuto conto nell'acquisizione dei dati dal censimento, la opportunità di introdurre anche questa seconda componente discende dalla necessità di non considerare due volte le emissioni associate alla consegna dell'energia termica alle utenze allacciate alla rete di teleriscaldamento. Si è inoltre ipotizzato che l'energia elettrica prodotta con le centrali sia consumata localmente (per ipotesi nel settore civile).

La detrazione di queste quote emissive consente così di evitare doppi conteggi essendo le stesse emissioni già associate al settore civile.

Questi benefici (tabella 3.6) sono stati determinati semplicemente moltiplicando l'energia termica e l'energia elettrica prodotta con il parco cogenerativo per i rispettivi fattori di emissione relativi allo scenario di *benchmark*.

Anche in questo caso i valori negativi rappresentano i benefici.

Osservando i risultati della tabella 3.6, si può osservare che fino al 2004, apparentemente, nessun beneficio connesso alle minori emissioni specifiche derivava dall'esercizio delle centrali di cogenerazione. In realtà, questa conclusione ingannevole, legata soltanto alla procedura adottata dei coefficienti di allocazione, è presto chiarita se si considerano anche i vantaggi connessi all'utilizzo locale dell'energia.

In conclusione, la figura 3.4 ben illustra il ruolo trainante che caratterizza il settore della trasformazione energetica in vista del raggiungimento degli obiettivi di Kyoto. Proprio in virtù dei grandi benefici prima illustrati il settore può già oggi sostenere la sua quota parte dell'obiettivo contribuendo sensibilmente anche al bilancio dell'intero Comune.

Emissioni Climalteranti [CO ₂]																					
Combustibile	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Gas Naturale	15.9 ^[6]	30.1 ^[3,6]	32.2 ^[3,6]	36.2 ^[3,6]	45.1 ^[3,6]	91.9 ^[3,6]	102.5 ^[3,6]	100.1 ^[3,10]	110.1 ^[3,10]	112.8 ^[3,10]	201.9 ^[3,10]	237.9 ^[3,10]	239.4 ^[6]	227.7 ^[46]	255.5 ^[1-]	264.4 ^[1-]	273.4 ^[1-]	273.4 ^[1-]	273.4 ^[1-]	273.4 ^[1-]	273.4 ^[1-]
Carbone	26.0 ^[6]	43.4 ^[3,6]	52.4 ^[3,6]	50.7 ^[3,6]	45.1 ^[3,6]	16.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[6]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Gasolio	1.8 ^[6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,6]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[6]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Rifiuti	32.7 ^[6]	29.2 ^[3,6]	35.4 ^[3,6]	32.7 ^[3,6]	38.3 ^[3,6]	42.4 ^[3,6]	43.0 ^[3,6]	36.6 ^[3,10]	8.4 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	0.0 ^[3,10]	14.9 ^[3,10]	30.3 ^[6]	37.5 ^[46]	37.5 ^[1-]	37.5 ^[1-]	37.5 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Totale	76.4	102.6	120.0	119.6	128.5	150.4	145.5	136.7	118.5	112.8	201.9	252.9	269.7	265.2	293.0	301.9	310.9	273.4	273.4	273.4	273.4
Benefici da Cogenerazione/Elettrico [g]	16.5	28.4	25.6	33.3	31.6	42.5	40.6	33.5	25.3	20.4	14.5	-3.5	9.4	14.1	14.2	13.6	13.0	-18.7	-18.7	-18.7	-18.7
Benefici da Cogenerazione/Termico [g]	21.8	10.8	7.3	10.8	13.1	15.7	7.2	17.6	-7.7	-3.3	-29.7	-36.7	-31.3	-29.2	-34.3	-35.7	-37.1	-43.0	-43.0	-43.0	-43.0
Poduzione Locale Energia Elettrica [h]	-8.7	-22.2	-25.4	-27.5	-26.9	-30.7	-35.9	-22.4	-38.9	-23.7	-140.1	-210.5	-216.2	-207.7	-228.3	-236.3	-244.3	-244.3	-244.3	-244.3	-244.3
Poduzione Locale Energia Termica [i]	-29.3	-40.0	-60.5	-46.4	-55.3	-60.0	-60.2	-61.5	-60.3	-69.2	-72.9	-78.0	-71.4	-68.6	-79.9	-82.7	-85.5	-85.5	-85.5	-85.5	-85.5
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Totale	0.3	-23.0	-53.0	-29.8	-37.5	-32.5	-48.3	-32.9	-81.6	-75.7	-228.2	-328.7	-309.5	-291.4	-328.4	-341.2	-354.0	-391.5	-391.5	-391.5	-391.5

[-] stima

[- -] nessuna fonte disponibile

[g] tiene conto delle emissioni evitate grazie alla cogenerazione (migliori rendimenti), i valori negativi sono i benefici

[h] evita di considerare due volte le emissioni associate alla produzione di energia elettrica: l'elettricità prodotta dalle centrali locali viene verosimilmente consumata dalle utenze del Comune di Reggio Emilia, l'incidenza di questa quota di emissioni

[i] evita di considerare due volte le emissioni associate alla produzione di energia termica: l'energia termica per riscaldamento prodotta dalle centrali locali viene consumata dalle utenze del Comune di Reggio Emilia, l'incidenza di questa quota di emissi

Tab. 3.7: inventario emissioni climalteranti trasformazione energia elettrica (procedura bottom - up)

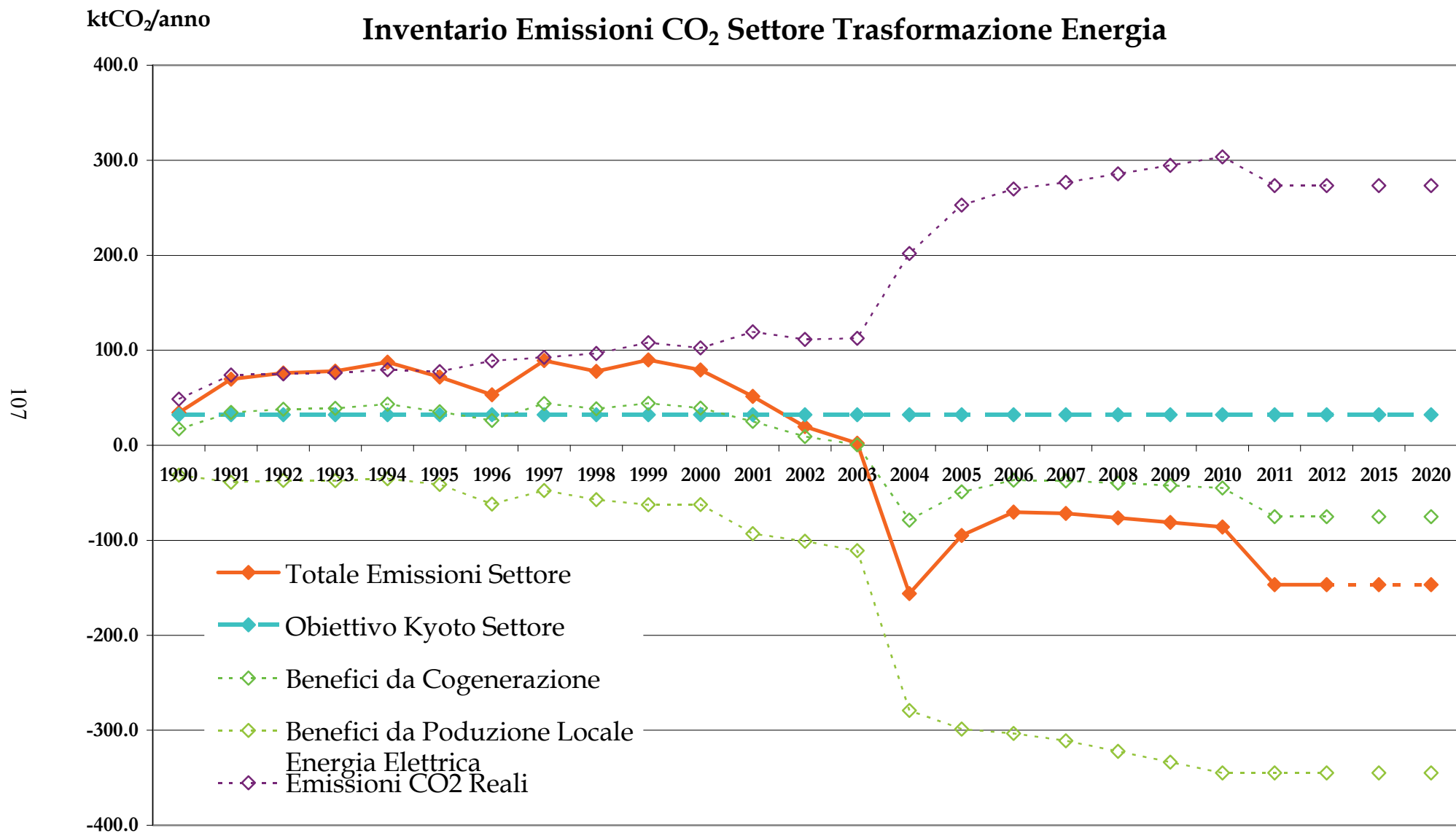


Fig. 3.4: il settore della trasformazione dell'energia e l'obiettivo Kyoto

3.4 SETTORE CIVILE (RESIDENZIALE E TERZIARIO)

Le Comunicazioni Enia [3.6], nonché il database di Unioncamere e quello del Ministero dello Sviluppo Economico sono stati i principali riferimenti utili alla definizione del bilancio energetico del settore fornendo informazioni sulle forniture di gas naturale relativamente alle annate 2001-2006, per gli usi domestici (cottura cibi e acqua sanitaria), il riscaldamento delle abitazioni (promiscuo, riscaldamento individuale, riscaldamento centralizzato), il riscaldamento della categoria affari (riscaldamento non domestico, Enti¹, e autoconsumi). Il Piano Energetico comunale di Parma 2007 [3.3], ha fornito, in via indiretta, gli stessi dati in relazione all'anno 2004 (dati trasmessi da AMPS, oggi Enia). Lo stesso documento ha presentato i dati relativi alla domanda di energia elettrica delle utenze domestiche e delle altre utenze², con impegno di potenza inferiore a 30 kW, per le annate 1995-2000 (dati trasmessi da ENEL).

Un altro importante documento per la stima e la valutazione dei fabbisogni energetici attuali e futuri è sicuramente stato il Libro Bianco di Parma [3.7-3.12]. Le informazioni presentate in questo documento hanno infatti consentito di valutare, seppure in via indiretta, l'andamento della domanda energetica con scenari futuri.

In particolare è stato possibile ricostruire i valori integrali del fabbisogno di energia elettrica del settore, nota la popolazione residente nel Comune di Parma (determinata in base ai dati dei censimenti ISTAT e ai rapporti dell'Ufficio Anagrafe Comunale), e i consumi elettrici medi annui pro capite caratteristici degli usi domestici.

Sfortunatamente, per le annate successive al 2000, nessuna fonte era disponibile a riguardo dei fabbisogni di energia elettrica per gli altri usi, non domestici, caratterizzati da impegno di potenza inferiore ai 30 kW. Questi ultimi sono stati perciò stimati assumendo, per ipotesi, un loro aumento annuo del 3.2 %, in linea con quanto previsto dal rapporto di Ambiente Italia sull'inquadramento ambientale ed energetico della nuova centrale turbogas da 55 MWe del Comune di Parma [3.4].

Passando alle stime dei fabbisogni di gas naturale, i dati forniti dalle diverse fonti [3.6] e [3.7-3.12], benché presentati secondo modalità disomogenee, una volta adeguatamente corretti, hanno mostrato congruenze del tutto soddisfacenti.

Per l'analisi energetica delle utenze allacciate al teleriscaldamento si deve fare riferimento alle procedure illustrate nel precedente paragrafo.

Il fabbisogno di energia primaria connesso al soddisfacimento della domanda termica di queste utenze e le emissioni climalteranti ad esso correlate, sono state attribuite alle utenze del settore civile, coerentemente

¹ Dal valore dei fabbisogni associato alla categoria "Enti" è stato sottratta la quota relativa alla pubblica Amministrazione Comunale a cui è successivamente dedicato un paragrafo specifico.

² Analogamente a quanto fatto nella stima dei fabbisogni di gas naturale della categoria di utenze classificate come "Enti" (vedere nota precedente), anche nel calcolo della domanda di energia elettrica associata alle utenze del settore civile (residenziale e terziario) si è detratta parte della domanda di energia elettrica della Pubblica Amministrazione. In particolare, dalla categoria di utenze elettriche denominata: "altri usi con potenza impegnata minore di 30 kW", al fine di evitare un doppio conteggio nel bilancio energetico, si è detratta una quota pari ai consumi di elettricità per consumi vari e i consumi flotta veicoli elettrici, già conteggiati nel paragrafo dedicato alla Pubblica Amministrazione Comunale. Diversamente, non sono stati detratti i consumi associati alla illuminazione pubblica, che compaiono, come voce disaggregata, tra gli usi finali del successivo paragrafo 3.8

con la scelta di detrarre le equivalenti quantità dal bilancio e dal quadro emissivo del settore di trasformazione dell'energia, evitando così un doppio conteggio delle stesse grandezze.

Sebbene sia dimostrato che l'utilizzo di altri combustibili nel settore civile sia abbastanza marginale, si è scelto di condurre una ulteriore indagine di conferma, considerando le stime fornite dalla Relazione stilata da Comune di Parma, Provincia di Parma ed Enia [3.19] sullo stato degli edifici e delle abitazioni nel Comune di Parma al fine di determinarne il potenziale in termini di vendita delle quote di CO₂.

Questo documento raccoglie informazioni su scala più vasta (Provincia), ricostruendo un mix di utenze caratteristico del territorio reggiano. Lo studio ipotizza, ragionevolmente, di utilizzare il medesimo mix anche in riferimento al Comune, in virtù della discreta omogeneità di utenze tra capoluogo e il resto del territorio provinciale (questo nonostante una maggiore propensione di certe utenze delle zone collinari e montane della Provincia ad utilizzare gasolio e/o legna da ardere per soddisfare i fabbisogni termici). In base a questo mix caratteristico, il consumo di gas naturale considerando il solo Capoluogo dovrebbe raggiungere gli ottanta milioni di standard metri cubi. Poiché tale valore corrisponde alla domanda di combustibile gassoso effettivamente registrata nel corso del 2006, è stata ritenuta ragionevole l'assunzione che anche i dati relativi agli altri combustibili (gasolio e GPL), potessero rappresentare stime attendibili dei consumi per lo stesso 2006.

In accordo con i dati di quest'annata, considerando anche il diverso potere calorifico dei combustibili, si è assunto che il 60 % delle utenze classificate come "altro" fosse alimentata a gasolio, mentre il restante 40 % a GPL.

Al fine di determinare l'evoluzione delle emissioni climalteranti associate a queste tipologie di utenze nell'ambito dei vincoli imposti dal Protocollo di Kyoto, è necessario stimare l'entità della domanda energetica legata a gasolio e GPL in riferimento al 1990. Per fare questo si deve inizialmente osservare che, come già anticipato, le utenze civili servite da reti energetiche diverse dal gas naturale stanno progressivamente esaurendosi. A questo riguardo, lo Studio propedeutico al Piano energetico Comunale di Parma [3.3] fornisce dati che sinteticamente ben descrivono questo *trend* decrescente: si nota infatti "un chiaro declino delle utenze classificate come altro, cioè quelle che non sono allacciate alla rete di teleriscaldamento e non consumano metano; esse sono infatti scese, in termini assoluti, dalle 5971 del 1990 alle 1293 del 2000 e, in termini relativi, dall'11,40 % delle utenze totali nel 1990 al 2,05 % del 2000".

Il numero delle utenze alimentate da combustibili diversi da gas naturale, nelle annate successive al 2000, è stato calcolato il linea con questo *trend* a decrescita regolare già evidente peraltro nelle annate successive al 1995. Stimato il numero di utenze servite da reti energetiche diverse dal gas naturale, è stato così possibile determinare il consumo medio di queste tipologie di utenze, a gasolio e a GPL, nei diversi anni, fino al 2006, avendo posto fisse le proporzioni di utenze fornite dai due diversi combustibili secondo le quote precedentemente determinate con riferimento al 2006.

Una volta calcolati i due fabbisogni caratteristici, noti o stimati i gradi giorno misurati nelle diverse annate, è stato possibile determinare i volumi di consumo dei due combustibili con riferimento al singolo utilizzatore finale e, noto il numero complessivo delle utenze, all'intero territorio comunale per tutti gli anni compresi dal 1990 al 2006.

Noto il bilancio energetico del settore, il relativo quadro emissivo è stato determinato facendo ancora una volta riferimento per i combustibili all'inventario nazionale UNFCCC delle emissioni di CO₂, da Direttiva 2004-156-CE [3.14], e dalla banca dati di APAT, Centro Telematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni [3.15], mentre, per quel che concerne l'energia elettrica, a riferimenti di letteratura [3.18].

Le tabelle 3.8 e 3.9 riportano rispettivamente il bilancio energetico e il quadro delle emissioni climalteranti del settore.

In tabella 3.8, nella valutazione della energia primaria associata ai consumi elettrici, all'atto di sommare i diversi contributi disaggregati, rendendo così omogenei i diversi termini, si è fatto riferimento al rendimento elettrico medio del parco termoelettrico italiano pari al 40%, come da indicazioni AEEG Delibera n. 296/05 [3.17].

La figura 3.5 testimonia come il settore civile, responsabile di un terzo delle emissioni complessive, si mantenga piuttosto stabile, comunque sempre al di sopra dell'obiettivo Kyoto.

In particolare, negli ultimi anni, a fronte di una leggera flessione dei consumi di energia termica si è assistito ad una crescente domanda di energia elettrica, legata, tra le altre cause, ad una sempre maggiore diffusione di dispositivi per la climatizzazione estiva.

Anche alla luce di questo dato appare sempre più auspicabile che a livello di normativa nazionale sull'efficienza energetica degli edifici, si superi quanto prima l'attuale impostazione basata principalmente sul ricorso all'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale per giungere ad un più veritiero indice di prestazione energetica calcolato sul consumo annuale di energia primaria per climatizzazione invernale ed estiva.

Domanda Energetica Settore Civile																					
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)
Elettricità Usi Domestici	116.1 ^[--]	132.6 ^[3]	136.8 ^[3]	139.7 ^[3]	144.8 ^[3]	145.4 ^[3]	150.2 ^[3]	158.9 ^[7]	155.8 ^[7]	162.9 ^[7]	167.5 ^[7]	164.5 ^[7]	168.1 ^[--]	171.8 ^[--]	175.6 ^[--]	179.5 ^[--]	183.4 ^[--]	187.4 ^[--]	191.6 ^[--]	204.5 ^[--]	228.0 ^[--]
Elettricità Altri Usi con p.i. fino a 30 kW	58.2 ^[--]	79.2 ^[3]	80.6 ^[3]	82.2 ^[3]	84.5 ^[3]	85.7 ^[3]	93.8 ^[3]	96.8 ^[--]	99.9 ^[--]	103.1 ^[--]	106.4 ^[--]	109.8 ^[--]	113.3 ^[--]	116.9 ^[--]	120.6 ^[--]	124.5 ^[--]	128.5 ^[--]	132.6 ^[--]	136.8 ^[--]	150.4 ^[--]	176.0 ^[--]
Energia Termica	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Uso domestico(cottura cibi e acqua calda)	29.8 ^[3]	25.8 ^[3]	25.0 ^[3]	23.9 ^[3]	22.7 ^[3]	23.4 ^[3]	22.6 ^[3]	17.0 ^[6]	31.0 ^[6]	18.9 ^[6]	20.9 ^[6]	20.9 ^[6]	20.6 ^[6]	20.5 ^[--]	20.2 ^[--]	19.9 ^[--]	19.6 ^[--]	19.3 ^[--]	19.0 ^[--]	18.1 ^[--]	16.6 ^[--]
Riscaldamento (gas)	680.7 ^[3]	704.2 ^[3]	758.2 ^[3]	649.8 ^[3]	670.9 ^[3]	745.8 ^[3]	734.4 ^[3]	606.7 ^[6]	581.4 ^[6]	634.5 ^[6]	751.1 ^[6]	739.1 ^[6]	791.9 ^[6]	771.8 ^[--]	681.6 ^[--]	667.7 ^[--]	653.8 ^[--]	640.0 ^[--]	626.1 ^[--]	584.5 ^[--]	515.1 ^[--]
Riscaldamento Terziario (gas)	192.0 ^[3]	175.6 ^[3]	213.8 ^[3]	178.5 ^[3]	205.7 ^[3]	230.9 ^[3]	231.6 ^[3]	256.2 ^[6]	300.0 ^[6]	324.2 ^[6]	258.2 ^[6]	216.2 ^[6]	207.8 ^[6]	252.6 ^[--]	253.8 ^[--]	255.1 ^[--]	256.4 ^[--]	257.6 ^[--]	258.9 ^[--]	262.6 ^[--]	268.9 ^[--]
Teleriscaldamento Privati (gas)	127.5 ^[--]	182.8 ^[--]	283.8 ^[--]	207.5 ^[--]	246.6 ^[--]	266.6 ^[--]	268.1 ^[--]	252.7 ^[--]	293.2 ^[--]	331.3 ^[--]	327.6 ^[--]	349.5 ^[--]	309.4 ^[--]	335.8 ^[--]	347.2 ^[--]	358.7 ^[--]	370.1 ^[--]	370.1 ^[--]	370.1 ^[--]	370.1 ^[--]	370.1 ^[--]
Riscaldamento (altri combustibili)	1.4 ^[3]	0.6 ^[--]	0.4 ^[--]	0.3 ^[--]	0.3 ^[--]	0.3 ^[--]	0.3 ^[3]	0.4 ^[--]	0.4 ^[--]	0.4 ^[--]	0.4 ^[--]	0.4 ^[--]	0.3 ^[19]	0.3 ^[--]	0.3 ^[--]	0.3 ^[--]	0.3 ^[--]	0.3 ^[--]	0.3 ^[--]	0.2 ^[--]	0.2 ^[--]
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Totale *	1467.2	1618.6	1824.9	1615.0	1719.4	1844.5	1867.0	1772.1	1845.2	1974.2	2042.9	2011.8	2033.5	2102.7	2043.7	2061.6	2079.9	2087.4	2095.4	2122.8	2181.0

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[- -] nessuna fonte disponibile
* nella valutazione della energia primaria associata ai consumi elettrici si è fatto riferimento ad un rendimento elettrico medio del 40% come da AEEG Delibera n. 296/05

Tab. 3.8: bilancio energetico settore civile (procedura bottom - up)

Emissioni Climalteranti [CO ₂]																					
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Elettricità Usi Domestici	65.5 ^[--]	70.8 ^[3]	72.5 ^[3]	74.6 ^[3]	79.1 ^[3]	73.6 ^[3]	75.1 ^[3]	79.5 ^[7]	77.9 ^[7]	81.4 ^[7]	83.8 ^[7]	82.3 ^[7]	84.1 ^[--]	85.9 ^[--]	87.8 ^[--]	89.7 ^[--]	91.7 ^[--]	93.7 ^[--]	95.8 ^[--]	102.2 ^[--]	114.0 ^[--]
Elettricità Altri Usi con p.i. fino a 30 kW	32.8 ^[--]	42.3 ^[3]	42.7 ^[3]	43.9 ^[3]	46.1 ^[3]	43.3 ^[3]	46.9 ^[3]	48.4 ^[--]	49.9 ^[--]	51.5 ^[--]	53.2 ^[--]	54.9 ^[--]	56.6 ^[--]	58.4 ^[--]	60.3 ^[--]	62.2 ^[--]	64.2 ^[--]	66.3 ^[--]	68.4 ^[--]	75.2 ^[--]	88.0 ^[--]
Energia Termica	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Uso domestico(cottura cibi e acqua calda)	5.9 ^[3]	5.1 ^[3]	5.0 ^[3]	4.8 ^[3]	4.5 ^[3]	4.7 ^[3]	4.5 ^[3]	3.4 ^[6]	6.2 ^[6]	3.8 ^[6]	4.2 ^[6]	4.2 ^[6]	4.1 ^[6]	4.1 ^[--]	4.0 ^[--]	4.0 ^[--]	3.9 ^[--]	3.8 ^[--]	3.8 ^[--]	3.6 ^[--]	3.3 ^[--]
Riscaldamento (gas)	135.7 ^[3]	140.4 ^[3]	151.1 ^[3]	129.5 ^[3]	133.7 ^[3]	148.7 ^[3]	146.4 ^[3]	120.9 ^[6]	115.9 ^[6]	126.5 ^[6]	149.7 ^[6]	147.3 ^[6]	157.8 ^[6]	153.8 ^[--]	135.9 ^[--]	133.1 ^[--]	130.3 ^[--]	127.6 ^[--]	124.8 ^[--]	116.5 ^[--]	102.7 ^[--]
Riscaldamento Terziario (gas)	38.3 ^[3]	35.0 ^[3]	42.6 ^[3]	35.6 ^[3]	41.0 ^[3]	46.0 ^[3]	46.2 ^[3]	51.1 ^[6]	59.8 ^[6]	64.6 ^[6]	51.5 ^[6]	43.1 ^[6]	41.4 ^[6]	50.3 ^[--]	50.6 ^[--]	50.8 ^[--]	51.1 ^[--]	51.4 ^[--]	51.6 ^[--]	52.4 ^[--]	53.6 ^[--]
Teleriscaldamento Privati (gas)	25.4 ^[--]	36.4 ^[--]	56.6 ^[--]	41.4 ^[--]	49.2 ^[--]	53.1 ^[--]	53.4 ^[--]	50.4 ^[--]	58.4 ^[--]	66.1 ^[--]	65.3 ^[--]	69.7 ^[--]	61.7 ^[--]	66.9 ^[--]	69.2 ^[--]	71.5 ^[--]	73.8 ^[--]	73.8 ^[--]	73.8 ^[--]	73.8 ^[--]	73.8 ^[--]
Riscaldamento (altri combustibili)	0.4 ^[3]	0.2 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[3]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[19]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.1 ^[--]	0.0 ^[--]
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Totale	304.0	330.2	370.7	329.8	353.7	369.5	372.6	353.7	368.2	394.0	407.7	401.5	405.8	419.6	407.9	411.5	415.1	416.6	418.2	423.7	435.4

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[- -] nessuna fonte disponibile

Tab. 3.9: inventario emissioni climalteranti settore civile (procedura bottom - up)

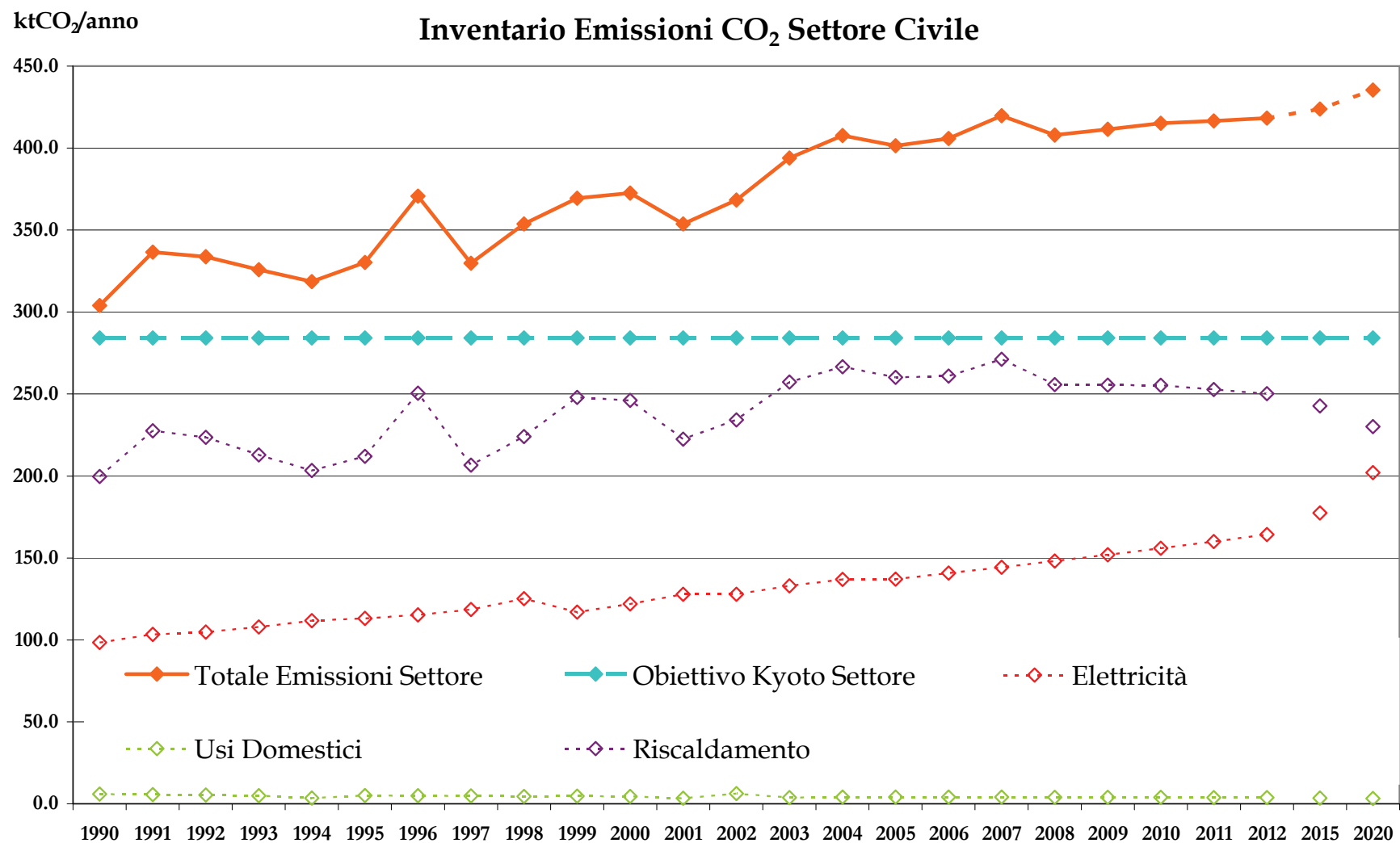


Fig. 3.5: il settore civile e l'obiettivo Kyoto

3.5 SETTORE INDUSTRIALE

I riferimenti principali, utilizzati per stilare il bilancio energetico del settore industriale, sono stati le Comunicazioni di Enia [2.6], e lo Studio Propedeutico al Piano energetico comunale di Parma [2.3]. Le prime hanno fornito i dati relativi alle forniture di gas naturale per usi tecnologici (uso tecnologico, deroghe, usi piccola industria), il secondo, in via indiretta, ha presentato, per le annate 1995-2000, i dati relativi alle forniture di gas naturale per usi tecnologici, (dati trasmessi da AGAC, oggi Enia), e alle forniture di energia elettrica per grandi utenze (caratterizzate da impegno di potenza superiore ai 30 kW), per le annate.

Anche in questo caso ENEL non ha trasmesso alcun dato.

Altri importanti dati storici sui consumi di gas naturale ed energia elettrica sono stati desunti dai Bilanci Ambientali di Previsione e Consuntivi del Comune di Parma [3.7-3.12] per le annate 2000-2004.

Negli anni successivi alla liberalizzazione del mercato elettrico, introdotta dal Decreto Legislativo n. 79/99, diverse utenze hanno cambiato *energy providers*. Questa tendenza si è ulteriormente accentuata a partire dal 2003, quando la soglia per la qualifica di cliente idoneo, ammesso cioè ad acquistare energia elettrica dal libero mercato, è scesa al consumo di 100.000 kWh all'anno. In questi anni, le stime sulle forniture ENEL, reperiti oltretutto in via indiretta [3.7-3.12] non sono state più idonee a fornire un quadro esaustivo della situazione di un settore in cui operavano ormai una molteplicità di soggetti.

Per ovviare alla carenza di dati, sono stati contattati i consorzi di acquisto industriali che operano per conto di Assindustria e API. Essi hanno fornito informazioni esaustive sui volumi di acquisto di gas naturale e si energia elettrica dei gruppi di utilizzatori finali da loro coordinati.

Queste comunicazioni [3.20-3.21] hanno consentito di ricostruire il profilo della domanda energetica delle utenze industriali in modo rigoroso almeno nelle ultime annate (2005 e 2006).

I consumi di energia elettrica dal 2005 in poi, sono stati invece stimati applicando l'incremento medio mostrato negli ultimi anni dalle utenze del settore, come riportato dal Piano Energetico Regionale 2007 [3.1], incremento superiore al 2 % annuo.

Nella redazione del bilancio energetico del settore (tabella 3.10), i consumi di energia elettrica sono stati resi omogenei a quelli di energia primaria dividendo i primi per un coefficiente pari al rendimento medio del parco termoelettrico italiano come da indicazioni della AEEG Delibera n. 296/05 [3.17].

Non è stato possibile recuperare informazioni relativi agli altri fornitori di energia elettrica e/o termica agenti sul territorio.

L'unico altro dato a disposizione era relativo alle quantità di gas naturale consegnate da SNAM nella Provincia di Parma nel 1997 [3.2]: 498 milioni di metri cubi.

Per calcolare il volume di gas consegnato nel Comune di Parma si è così applicato il criterio demografico precedentemente definito in riferimento al coefficiente di correzione Comune – Provincia.

Introdotta infatti un fattore di proporzionalità, costruito sul rapporto tra la popolazione del Comune e quella della Provincia, pari nel 1997 a 0,317 , si ottiene una stima di 158 milioni di metri cubi di gas naturale distribuito da SNAM alle utenze del Comune di Parma.

Noto da dal letteratura [3.3, 3.6] il volume di gas naturale complessivamente gestito nel 1997 da AGAC, oggi Enia, 150,556 milioni di metri cubi, somma del combustibile fornito agli utenti finali (132,067 milioni di metri cubi), e di quello utilizzato per alimentare le centrali di cogenerazione e teleriscaldamento (18,489 milioni di metri cubi), si è assunta la differenza, pari a 7,500 milioni di metri cubi , come stima del gas naturale consegnato da SNAM ad altre utenze.

Il consorzio Interenergia (API) ha inoltre fornito informazioni [3.21] sul volume di gas naturale acquistato, nel corso del 2006, per le utenze che hanno aderito al gruppo di acquisto coordinato dall'Ente.

Per la valutazione della domanda energetica associata al soddisfacimento dei fabbisogni energetici di utenze industriali mediante combustibili fossili diversi dal gas naturale, si è adottata una procedura piuttosto complessa.

Lo studio propedeutico al Piano Energetico Comunale [3.3] presentava questi dati relativamente alle sole annate 1990, 2000, 2010 (stime) mentre per il 1998, erano disponibili altri dati desunti dall'Archivio Corinair [3.22].

Il Piano Energetico Regionale 2007 [3.1] forniva inoltre il dato relativo ai consumi di prodotti petroliferi per usi industriali al 2003 (elaborazioni da fonte ENEA). Applicato il fattore di correzione anagrafico (vedere tabella 3.1) Comune-Regione per quell'anno è stato possibile ottenere una stima approssimativa dei consumi Comunali anche in relazione al 2003.

Per valutare i consumi delle annate mancanti sono state utilizzate due distinte procedure.

I valori mancanti, relativamente alle annate anteriori al 2003, sono stati determinati a partire dalla domanda di combustibili petroliferi per l'intera Regione, disponibili per gli anni dal 1990 al 2003 [3.1-3.2], applicando poi ad essi il *trend* mostrato dai consumi finali di energia del settore; la serie storica così determinata per la Regione, è stata quindi modulata su base comunale mediante il fattore di correzione anagrafica Comune – Regione (vedere tabella 3.1).

La stessa procedura è stata utilizzata per stimare l'evoluzione storica delle quantità di gas naturale distribuite alle utenze industriali non comprese tra quelle servite da Enia (AGAC).

Per le annate successive al 2003 per i combustibili, e al 2007 per l'energia elettrica, i fabbisogni sono stati calcolati ipotizzando un incremento della domanda energetica del 2,3 % annuo, valore coerente con la stime di crescita che alcuni riferimenti di Letteratura [3.4] prevedevano per le utenze del settore del Comune di Parma. Queste variazioni non si discostano in modo sensibile da quelle indicate dal Piano Energetico Regionale 2007 [3.1]: *“nei consumi energetici nell'industria, i combustibili liquidi incidono per l'8% i combustibili gassosi per il 68%, l'energia elettrica per il 24% (2003). Il settore ha visto una crescita media dei consumi all'anno, nel periodo 1990 – 2003, del 2,4% e più precisamente dell'1% per quello che riguarda i combustibili e del 4,1% per quello che riguarda i consumi elettrici.”*

Al fine di evitare sovrapposizioni e duplici conteggi, nelle annate in cui si disponeva del dato da censimento sui fabbisogni elettrici con impegni di potenza superiori ai 30 kW [3.3, 3.7-3.12], al valore sono stati sottratti i consumi elettrici del settore agricolo, come da procedura descritta nel successivo paragrafo 3.6.

Si è infatti ritenuto che i consumi delle utenze agricole ricadessero verosimilmente entro la categoria di utenze caratterizzate da impegni di potenza superiori ai 30 kW.

Con procedimento analogo, i consumi industriali di combustibile da prodotti petroliferi (GPL prevalente) e di gas del settore agricolo sono stati detratti dai corrispondenti valori di GPL e gas naturale per usi tecnologici, nelle annate in cui si disponeva di dati da censimenti di consumi non disaggregati per settore [3.3, 3.7-3.12].

Il quadro emissivo associato alla domanda energetica del settore industriale è stato determinato in relazione agli stessi riferimenti utilizzati per i precedenti macrosettori [3.14-3.15].

Le tabelle 3.10 e 3.11 presentano rispettivamente il bilancio energetico e il quadro delle emissioni climalteranti caratterizzanti il settore industriale. La figura 2.6 descrive invece l'evoluzione delle emissioni cumulate, riferibili ai principali usi finali dello stesso settore, con riferimento all'obiettivo Kyoto del settore stesso.

Il grafico presenta due anomalie, una nel 1995, l'altra nel 2001. Le cause di queste apparenti brusche variazioni della domanda energetica non sono da attribuirsi a macroscopiche variazioni dell'*energy pattern* che caratterizza il settore, ma bensì alla diversa metodologia di contabilizzazione delle utenze (notevole variazione dei dati Enia sulle forniture dei gas da usi tecnologici (*i.e.* dal 1999 al 2001), e alla liberalizzazione del mercato (utenze non più monitorabili nella loro totalità).

Tuttavia, la ritrovata completezza delle banche dati nelle ultime due annate considerate nel censimento, (2005 e 2006), quando si è potuto disporre anche dei volumi di acquisto dei consorzi industriali, induce a far considerare come moderatamente affidabili le stime presentate in questo documento.

Domanda Energetica Settore Industriale

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)
Altri Usi con p.i. > 30 kW	163.0 ^[1-]	219.8 ^[3]	227.4 ^[3]	234.0 ^[3]	253.5 ^[3]	256.2 ^[3]	274.2 ^[3]	168.1 ^[7:12]	218.8 ^[7:12]	235.4 ^[7:12]	230.0 ^[7:12]	224.7 ^[1-]	219.6 ^[1-]	214.6 ^[1-]	209.7 ^[1-]	204.9 ^[1-]	200.2 ^[1-]	195.6 ^[1-]	191.2 ^[1-]	178.4 ^[1-]	158.9 ^[1-]
Consorzi Industrie	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	68.1 ^[bas]	76.1 ^[bas]	78.0 ^[1-]	80.0 ^[1-]	82.0 ^[1-]	84.0 ^[1-]	86.1 ^[1-]	88.3 ^[1-]	95.1 ^[1-]	107.6 ^[1-]
Energia Termica	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Gas Naturale Usi Tecnologici	952.2 ^[3]	369.0 ^[3]	414.1 ^[3]	430.3 ^[2:3]	456.5 ^[3]	700.7 ^[3]	829.3 ^[3]	381.5 ^[6]	263.6 ^[6]	320.0 ^[6]	390.9 ^[6]	335.6 ^[6]	440.3 ^[6]	450.4 ^[1-]	460.8 ^[1-]	471.4 ^[1-]	482.2 ^[3]	493.3 ^[1-]	504.6 ^[1-]	540.3 ^[1-]	605.3 ^[1-]
Consumi Aziendali Gasolio	127.9 ^[3]	169.8 ^[1-]	173.8 ^[1-]	167.4 ^[1-]	185.2 ^[22]	188.9 ^[1-]	192.6 ^[3]	199.4 ^[1-]	217.5 ^[1-]	212.8 ^[1]	213.2 ^[1-]	220.7 ^[1-]	228.5 ^[1-]	233.8 ^[1-]	239.2 ^[1-]	244.7 ^[1-]	250.3 ^[3]	256.1 ^[1-]	262.0 ^[1-]	280.5 ^[1-]	314.2 ^[1-]
Consumi Aziendali GPL	85.6 ^[3]	157.0 ^[1-]	170.0 ^[1-]	127.9 ^[1-]	158.6 ^[22]	149.6 ^[1-]	153.9 ^[3]	157.6 ^[1-]	179.4 ^[1-]	169.0 ^[1]	167.9 ^[1-]	172.4 ^[1-]	177.1 ^[1-]	364.5 ^[1-]	372.9 ^[1-]	381.4 ^[1-]	390.2 ^[3]	399.2 ^[1-]	408.4 ^[1-]	437.2 ^[1-]	489.8 ^[1-]
Consumi Aziendali Olio Combustibile	26.9 ^[3]	35.7 ^[1-]	36.5 ^[1-]	35.2 ^[1-]	38.9 ^[22]	39.7 ^[1-]	40.5 ^[3]	41.9 ^[1-]	45.7 ^[1-]	44.7 ^[1]	44.8 ^[1-]	46.4 ^[1-]	48.0 ^[1-]	49.1 ^[1-]	50.2 ^[1-]	51.4 ^[1-]	52.6 ^[3]	53.8 ^[1-]	55.0 ^[1-]	58.9 ^[1-]	66.0 ^[1-]
Totale *	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
	1600.0	1281.0	1362.9	1345.6	1472.9	1719.3	1901.7	1200.7	1253.3	1334.9	1391.7	1507.1	1633.2	1829.3	1847.2	1866.0	1885.9	1906.7	1928.6	2000.4	2141.5

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[-] nessuna fonte disponibile
* nella valutazione della energia primaria associata ai consumi elettrici si è fatto riferimento ad un rendimento elettrico medio del 40% come da AEEG Delibera n. 296/05

Tab. 3.10 bilancio energetico settore industriale (procedura bottom - up)

Emissioni Climalteranti [CO₂]

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Altri Usi con p.i. > 30 kW	91.9 ^[1-]	117.4 ^[3]	120.5 ^[3]	124.9 ^[3]	138.4 ^[3]	129.6 ^[3]	137.1 ^[3]	84.1 ^[7:12]	109.4 ^[7:12]	117.7 ^[7:12]	115.0 ^[7:12]	112.4 ^[1-]	109.8 ^[1-]	107.3 ^[1-]	104.8 ^[1-]	102.4 ^[1-]	100.1 ^[1-]	97.8 ^[1-]	95.6 ^[1-]	89.2 ^[1-]	79.4 ^[1-]
Consorzi Industrie	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	34.0 ^[20:21]	38.1 ^[20:21]	39.0 ^[1-]	40.0 ^[1-]	41.0 ^[1-]	42.0 ^[1-]	43.1 ^[1-]	44.1 ^[1-]	47.5 ^[1-]	53.8 ^[1-]
Energia Termica	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Gas Naturale Usi Tecnologici	189.8 ^[3]	73.6 ^[3]	82.6 ^[3]	85.8 ^[2:3]	91.0 ^[3]	139.7 ^[3]	165.3 ^[3]	76.0 ^[6]	52.6 ^[6]	63.8 ^[6]	77.9 ^[6]	66.9 ^[6]	87.8 ^[6]	89.8 ^[1-]	91.8 ^[1-]	94.0 ^[1-]	96.1 ^[3]	98.3 ^[1-]	100.6 ^[1-]	107.7 ^[1-]	120.7 ^[1-]
Consumi Aziendali Gasolio	33.9 ^[3]	45.0 ^[1-]	46.1 ^[1-]	44.4 ^[1-]	49.1 ^[22]	50.1 ^[1-]	51.1 ^[3]	52.9 ^[1-]	57.7 ^[1-]	56.5 ^[1]	56.5 ^[1-]	58.6 ^[1-]	60.6 ^[1-]	62.0 ^[1-]	63.5 ^[1-]	64.9 ^[1-]	66.4 ^[3]	67.9 ^[1-]	69.5 ^[1-]	74.4 ^[1-]	83.4 ^[1-]
Consumi Aziendali GPL	19.0 ^[3]	34.9 ^[1-]	37.8 ^[1-]	28.4 ^[1-]	35.3 ^[22]	33.3 ^[1-]	34.2 ^[3]	35.0 ^[1-]	39.9 ^[1-]	37.6 ^[1]	37.3 ^[1-]	38.3 ^[1-]	39.4 ^[1-]	81.0 ^[1-]	82.9 ^[1-]	84.8 ^[1-]	86.8 ^[3]	88.8 ^[1-]	90.8 ^[1-]	97.2 ^[1-]	108.9 ^[1-]
Consumi Aziendali Olio Combustibile	7.4 ^[3]	9.8 ^[1-]	10.1 ^[1-]	9.7 ^[1-]	10.7 ^[22]	11.0 ^[1-]	11.2 ^[3]	11.6 ^[1-]	12.6 ^[1-]	12.3 ^[1]	12.4 ^[1-]	12.8 ^[1-]	13.3 ^[1-]	13.6 ^[1-]	13.9 ^[1-]	14.2 ^[1-]	14.5 ^[3]	14.9 ^[1-]	15.2 ^[1-]	16.3 ^[1-]	18.2 ^[1-]
Totale	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
	342.1	280.7	297.1	293.2	324.5	363.6	398.9	259.6	272.2	287.8	299.2	323.0	348.9	392.7	396.9	401.3	405.9	410.8	415.8	432.3	464.4

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[-] nessuna fonte disponibile

Tab. 3.11: inventario emissioni climalteranti settore industriale (procedura bottom - up)

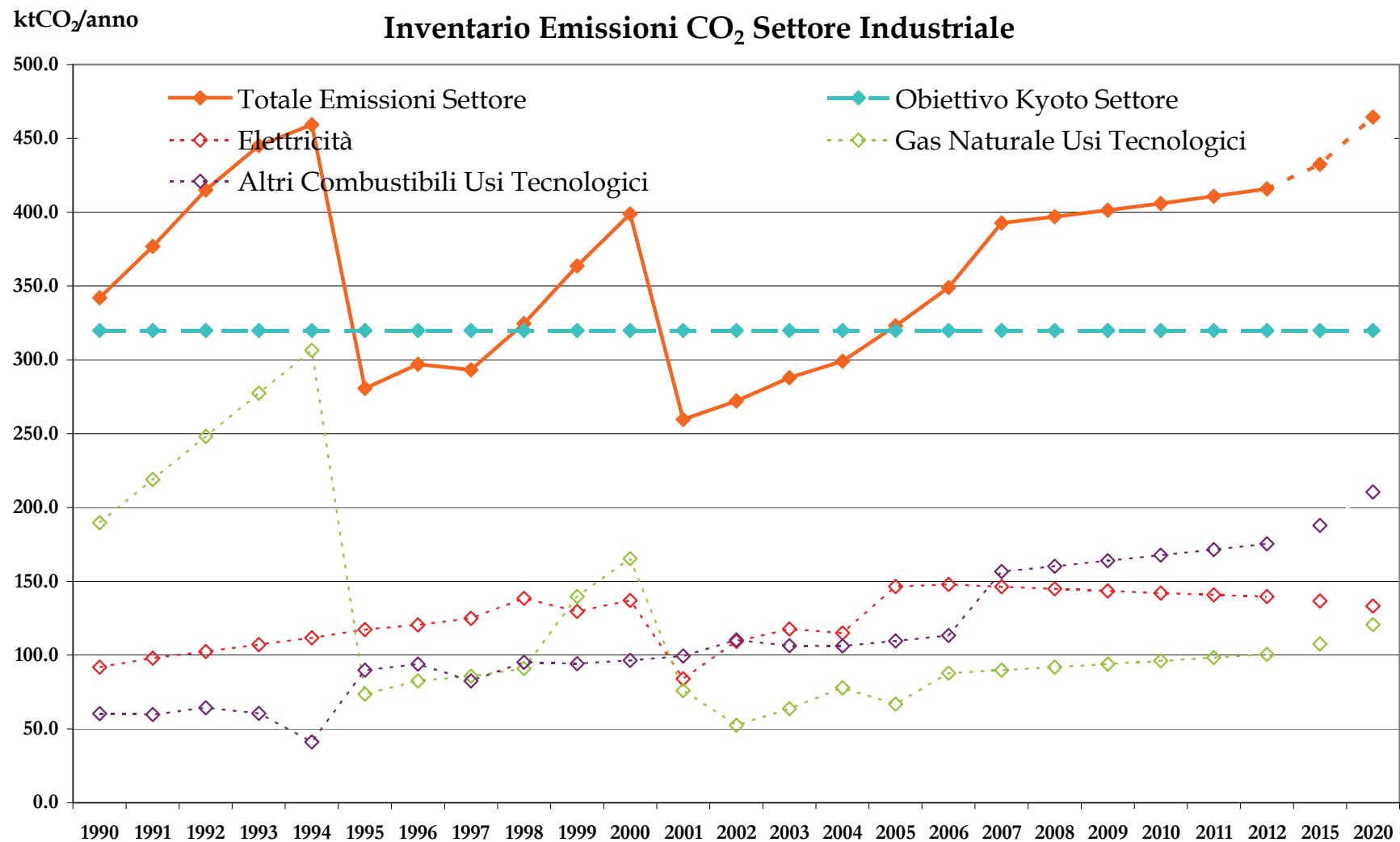


Fig. 3.6: il settore industriale e l'obiettivo Kyoto

3.6 SETTORE AGRICOLO

Il territorio del Comune di Parma è prevalentemente urbanizzato, tuttavia, anche in virtù della sua considerevole estensione, risulta essere può annoverare un certo numero di aziende attive nei settori della agricoltura e dell'allevamento. Le aree dedicate alle culture sono così ancora abbastanza estese, soprattutto al di fuori della fascia cittadina più urbanizzata.

Nessun dato sui fabbisogni energetici delle utenze del settore era direttamente disponibile dai censimenti o dalle banche locali.

Si è quindi proceduto a stimare la domanda energetica del settore a partire da informazioni più generali fornite prevalentemente da altre statistiche regionali e/o da documenti di pianificazione, sempre elaborati sull'area vasta, diversi da quelli considerati negli altri settori.

I valori relativi alla domanda di energia elettrica, di combustibili gassosi e di prodotti petroliferi su scala comunale sono stati quindi calcolati in proporzione a corrispondenti valori forniti, per le annate 1990-2003, su scala regionale [3.1-3.2], servendosi del fattore di correzione anagrafica comunale - regionale.

Si è ritenuto infatti che nella Regione Emilia Romagna, in virtù della omogeneità del territorio e dei suoi usi, si possa giustificare l'adozione di una procedura estimativa di questo tipo senza il rischio di incorrere in errori grossolani se non, al limite, quello di giungere a lievi sovrastime dei consumi in relazione alla superiore urbanizzazione dei Comuni capoluogo rispetto ai centri più piccoli della Provincia.

Se si analizzano i consumi di energia elettrica del settore, oltre ai valori cumulati forniti nel tempo dai diversi Piani Energetici della Regione [3.1-3.2], si è potuto disporre anche, per il 1999 [3.2] e il 2003 [3.1], di alcuni altri dati riferiti alla sola Provincia di Parma. Proprio a partire da questi ultimi, sempre facendo riferimento al procedimento di correzione anagrafica, è stato possibile determinare i corrispondenti valori per il solo Comune, con un livello di precisione superiore.

I fabbisogni di energia elettrica sono stati resi omogenei alle altre voci, espresse in termini della relativa energia primaria, mediante l'applicazione del già esposto algoritmo costruito sul rendimento medio del parco termoelettrico italiano, come da indicazioni della AEEG Delibera n. 296/05 [3.17].

Per quanto concerne i fabbisogni annui degli altri combustibili, il solo dato a disposizione era quello fornito relativamente all'anno 2003 e all'intera Regione, dal Piano Energetico 2007, su elaborazione di dati ENEA [3.1].

Per determinare i fabbisogni nelle annate mancanti e riportare i valori così determinati alla scala del Comune di Parma, si è fatto ricorso alla stessa precedente procedura: calcolando i dati regionali mancanti in linea con il *trend* annuo del fabbisogno di energia primaria osservata su scala regionale, applicando infine il fattore di scala imposto dal rapporto annuo tra la popolazione del Comune di Parma e quella della Regione.

L'evoluzione della domanda energetica del settore negli anni futuri è stata infine determinata seguendo la sua evoluzione spontanea.

In tabella 3.12 è presentato il bilancio energetico di macrosettore. I risultati mostrano che esso, sebbene poco influente ai fini del bilancio energetico integrale, risulta essere caratterizzato da una forte dipendenza da prodotti petroliferi.

Nella presentazione del bilancio energetico complessivo, al fine di evitare doppi conteggi, si è scelto di detrarre anno per anno i fabbisogni delle utenze agricole dai corrispondenti valori (energia elettrica,

combustibili, etc.) del macrosettore dell'industria, per il quale si erano già censiti i consumi dei prodotti petroliferi al netto degli altri usi (civile, trasporti, generazione della energia elettrica [3.3, 3.6-3.12]) dai dati di vendita sul territorio comunale.

Le emissioni climalteranti associate alla domanda energetica del settore, sono stati determinate con riferimento ai valori di letteratura già citati in precedenza[3.14, 3.15].

A queste ultime sono state aggiunte le emissioni associate al settore dell'allevamento. Esse sono state valutate a partire da una stima del numero di capi, suini e bovini, allevati entro il territorio comunale. Le emissioni correlate alla presenza di altri animali (equini, caprini, ovini, avicoli, cunicoli) sono state invece ritenute trascurabili non contribuendo questi ultimi in modo significativo, per numero o dimensioni, al bilancio complessivo delle emissioni climalteranti.

A questo proposito erano disponibili i dati relativi al numero di capi allevati nella Provincia di Parma e nella Regione Emilia Romagna, nelle annate 1990 e 2000 (Regione Emilia Romagna: attuazione della Direttiva 91/676/CEE sulla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonte agricola 2002 [2.23]) e 2005 (ARPA Parma: Preliminare di Programma dell'anno 2006 e dell'anno 2007 [3.24-3.25]).

E' stato quindi possibile risalire ai dati relativi alle annate mancanti per semplice interpolazione lineare.

Al fine di giungere alla stima del numero di capi allevati entro i confini comunali, si è quindi consultato il Programma Attività Territoriali 2006, elaborato da AUSL Parma [3.26]. Questo documento fornisce il numero di capi allevati nell'ambito della Area Territoriale Veterinaria (A.T.V.) di Parma, proprio in relazione all'annata 2005, in cui si disponeva anche dei dati Provinciali. E' stato così possibile stimare con buona approssimazione, in base alla proporzione tra capi presenti nella A.T.V. di Parma e quelli presenti nella intera Provincia, il numero di capi allevati dal 1990 ad oggi entro i confini Comunali.

Al fine di valutare l'impatto della attività metabolica di suini e bovini sul bilancio delle emissioni climalteranti (metano e anidride carbonica equivalente), si è fatto riferimento ai coefficienti di conversione comunemente proposti dalla letteratura (e.g. Piano Energetico Comunale di Modena 2007 [3.27]):

_ emissioni annue CH₄/capo bovino: 0.1 t_{CH₄}/capo bovino .

_ emissioni annue CH₄/capo bovino: 0.0096 t_{CH₄}/capo suino .

_ fattore di conversione emissioni metano/anidride carbonica equivalente: 21 [t_{CH₄}/t_{CO₂}].

Occorre infine accennare alle emissioni evitate grazie al recupero del biogas proveniente dagli impianti di depurazione (presentate in questo paragrafo per analogia concettuale con la valutazione del biogas degli allevamenti).

Sebbene le uniche fonti disponibili (piuttosto datate [3.3]) riferiscano di un utilizzo degli impianti al 65 % delle loro potenzialità, le stesse valutano la riduzione di emissioni climalteranti in 25-28.000 t_{CO₂}. Le stesse fonti tuttavia, segnalano che essendo tale riduzione "storica", cioè all'incirca costante nell'arco di tempo compreso tra il 1990 e il 2003, i benefici ad esse connesse non possono essere considerati nell'ambito di valutazioni ambientali finalizzate al calcolo delle emissioni per il protocollo di Kyoto.

La tabella 3.13 ricostruisce il quadro emissivo del suo settore presentandone una stima fino al 2010. I valori presentati in tabella 3.13 e in figura 2.7 evidenziano come il settore agricolo, pur non influenzando

particolarmente il quadro emissivo generale del Comune, presenta una situazione di relativa stabilità rispetto alla situazione del 1990, tanto da far ritenere che anche solo pochi piccoli interventi (adozione di impianti solari e microeolici, nelle modalità proposte nei prossimi capitoli) possa facilmente consentire il raggiungimento di significativi benefici in vista del futuro rispetto dell'obiettivo di Kyoto del settore.

Domanda Energetica Settore Agricolo																					
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)
Elettricità Utenze Agricole	25.1 ^[1,2]	24.8 ^[1-]	23.2 ^[1-]	30.2 ^[1-]	26.4 ^[1-]	32.4 ^[1,2]	27.2 ^[1,2]	33.2 ^[1-]	34.8 ^[1-]	33.8 ^[1,2]	36.3 ^[1-]	37.1 ^[1-]	38.5 ^[1-]	38.6 ^[1-]	39.4 ^[1-]	40.2 ^[1-]	41.0 ^[1-]	41.8 ^[1-]	42.7 ^[1-]	45.1 ^[1-]	49.2 ^[1-]
Combustibili	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Consumi Prodotti Petroliiferi (olio c., etc.)	113.8 ^[1,2]	107.6 ^[1-]	100.9 ^[1-]	133.0 ^[1-]	130.1 ^[1-]	144.9 ^[1-]	146.3 ^[1,2]	153.2 ^[1-]	159.7 ^[1-]	162.7 ^[1,2]	164.4 ^[1-]	171.6 ^[1-]	179.2 ^[1-]	180.4 ^[1-]	184.8 ^[1-]	189.3 ^[1-]	193.8 ^[1-]	198.4 ^[1-]	202.9 ^[1-]	216.9 ^[1-]	240.8 ^[1-]
Consumi Combustibili Gassosi (gas n.,etc.)	4.6 ^[1,2]	4.3 ^[1-]	4.0 ^[1-]	5.3 ^[1-]	5.2 ^[1-]	5.8 ^[1-]	5.9 ^[1,2]	6.1 ^[1-]	6.4 ^[1-]	6.5 ^[1,2]	6.6 ^[1-]	6.9 ^[1-]	7.2 ^[1-]	7.2 ^[1-]	7.4 ^[1-]	7.6 ^[1-]	7.8 ^[1-]	7.9 ^[1-]	8.1 ^[1-]	8.7 ^[1-]	9.6 ^[1-]
Allevamento	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Allevamento Bovini																					
Allevamento Suini																					
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Totale *	181.1	173.9	162.9	213.9	201.4	231.7	220.2	242.4	253.1	253.8	261.8	271.1	282.7	284.2	290.8	297.5	304.2	310.9	317.7	338.3	373.5

[num] riferimento da bibliografia

[-] stima

[- -] nessuna fonte disponibile

* nella valutazione della energia primaria associata ai consumi elettrici si è fatto riferimento ad un rendimento elettrico medio del 40% come da AEEG Delibera n. 296/05

Tab. 3.12 bilancio energetico settore agricoltura (procedura bottom - up)

Emissioni Climalteranti [CO ₂]																					
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Elettricità Utenze Agricole	14.1 ^[1,2]	13.2 ^[1-]	12.3 ^[1-]	16.1 ^[1-]	14.4 ^[1-]	16.4 ^[1,2]	13.6 ^[1,2]	16.6 ^[1-]	17.4 ^[1-]	16.9 ^[1,2]	18.2 ^[1-]	18.5 ^[1-]	19.3 ^[1-]	19.3 ^[1-]	19.7 ^[1-]	20.1 ^[1-]	20.5 ^[1-]	20.9 ^[1-]	21.3 ^[1-]	22.5 ^[1-]	24.6 ^[1-]
Combustibili	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Consumi Prodotti Petroliiferi (olio c., etc.)	30.2 ^[1,2]	28.5 ^[1-]	26.8 ^[1-]	35.3 ^[1-]	34.5 ^[1-]	38.4 ^[1-]	38.8 ^[1,2]	40.6 ^[1-]	42.4 ^[1-]	43.2 ^[1,2]	43.6 ^[1-]	45.5 ^[1-]	47.5 ^[1-]	47.9 ^[1-]	49.0 ^[1-]	50.2 ^[1-]	51.4 ^[1-]	52.6 ^[1-]	53.8 ^[1-]	57.5 ^[1-]	63.9 ^[1-]
Consumi Combustibili Gassosi (gas n.,etc.)	0.9 ^[1,2]	0.9 ^[1-]	0.8 ^[1-]	1.1 ^[1-]	1.0 ^[1-]	1.2 ^[1-]	1.2 ^[1,2]	1.2 ^[1-]	1.3 ^[1-]	1.3 ^[1,2]	1.3 ^[1-]	1.4 ^[1-]	1.4 ^[1-]	1.4 ^[1-]	1.5 ^[1-]	1.5 ^[1-]	1.5 ^[1-]	1.6 ^[1-]	1.6 ^[1-]	1.7 ^[1-]	1.9 ^[1-]
Allevamento	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Allevamento Bovini	74.1 ^[23]	64.8 ^[1-]	63.0 ^[1-]	61.1 ^[1-]	59.2 ^[1-]	57.4 ^[1-]	55.5 ^[23]	55.4 ^[1-]	55.4 ^[1-]	55.3 ^[1-]	55.2 ^[1-]	55.1 ^[basal]	55.1 ^[1-]	55.0 ^[1-]	54.9 ^[1-]	54.9 ^[1-]	54.8 ^[1-]	54.7 ^[1-]	54.6 ^[1-]	54.4 ^[1-]	54.1 ^[1-]
Allevamento Suini	13.2 ^[23]	12.1 ^[1-]	11.8 ^[1-]	11.6 ^[1-]	11.4 ^[1-]	11.1 ^[1-]	10.9 ^[23]	11.0 ^[1-]	11.1 ^[1-]	11.1 ^[1-]	11.2 ^[1-]	11.3 ^[basal]	11.3 ^[1-]	11.4 ^[1-]	11.5 ^[1-]	11.5 ^[1-]	11.6 ^[1-]	11.7 ^[1-]	11.7 ^[1-]	11.9 ^[1-]	12.3 ^[1-]
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Totale	132.6	119.5	114.6	125.2	120.6	124.5	120.0	124.9	127.4	127.8	129.5	131.8	134.6	135.0	136.6	138.2	139.9	141.5	143.2	148.2	156.8

[num] riferimento da bibliografia

[-] stima

[- -] nessuna fonte disponibile

Tab.3.13: inventario emissioni climalteranti settore agricoltura (procedura bottom - up)

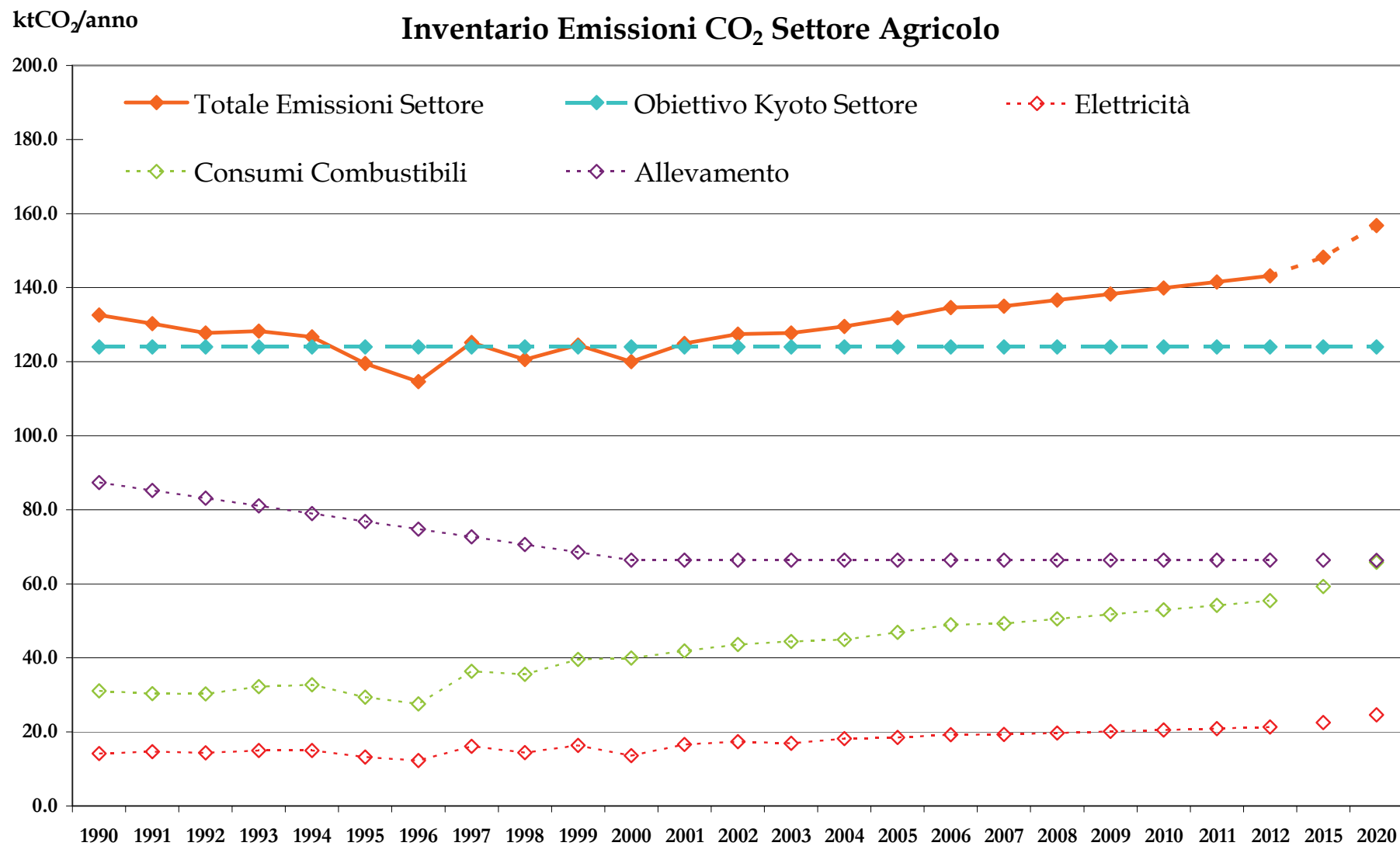


Fig. 3.7: il settore agricolo e l'obiettivo Kyoto

3.7 SETTORE TRASPORTI

Nel procedimento di stima del bilancio energetico del settore, stante la sostanziale impossibilità a reperire dati completi sui carburanti e sui combustibili effettivamente utilizzati in ambito comunale, si è scelto di ricorrere a un procedimento deduttivo che, partendo da stime di letteratura su area più vasta [3.1-3.2], ha infine consentito di giungere ad una valutazione dei dati locali attraverso la consueta procedura di modulazione anagrafica.

E' infatti evidente che, anche ipotizzando di poter conoscere completamente i quantitativi di carburanti venduti da tutti i singoli esercenti del Comune, non sarebbe stato comunque possibile giungere ad una stima precisa dell'energetica del settore, in quanto esso, per sua stessa definizione, interessa dinamiche di area più vasta; non è infatti possibile conoscere dove sia effettivamente utilizzato il carburante rifornito nel territorio Comunale, ne sapere quanti utenti approvvigionati altrove utilizzino, ad esempio, la viabilità cittadina per compiere le proprie attività o semplicemente per transitare verso altre direzioni.

Diversamente dai dati sui fabbisogni energetici, l'inventario delle emissioni climalteranti del settore è stato invece ricostruito mediante elaborazione di dati messi a disposizione dall'Ufficio Tecnico Comunale.

In particolare è stato possibile stimare con grande precisione il valore delle emissioni di anidride carbonica al 2006. L'esito di queste valutazioni è stato riepilogato in una esauriente relazione a cura dell'ingegnere caposettore [3.28].

Le valutazioni sono state condotte facendo riferimento alle banche dati di ACI sul parco veicolare al 31.12.2005 [3.29], mentre per le emissioni in atmosfera da trasporto stradale sono stati consultati i documenti elaborati da ANPA [3.30], e dal periodico Quattroruote [3.30-3.31, 3.33-3.38].

Le simulazioni hanno consentito di ricostruire il quadro emissivo una volta stimate le distanze chilometriche percorse dalle diverse tipologie di veicoli stradali in relazione anche al tipo di traffico (a scorrimento veloce, cittadino, *etc.*) e alla provenienza delle autovetture e degli autocarri [3.39-3.40].

Una analoga procedura è stata adottata per valutare le emissioni associate al trasporto autostradale (per il tratto della autostrada A1 compreso entro i confini del territorio Comunale) facendo riferimento a dati di Società Autostrade [3.41] e ACI.

Un altro importante documento ai fini della valutazione del quadro emissivo del settore è dato dal Piano Urbano della Mobilità di Parma [3.43]. La relazione finale di simulazione modellistica dell'inquinamento atmosferico da traffico veicolare in provincia di Parma [3.42], documento allegato allo stesso Piano [3.43], mostra in tabella 3-3, le emissioni stagionali e annuali di NO_x, PM₁₀, CO, COV e CO₂, suddivise per categoria di veicoli leggeri e pesanti, per 5 scenari di studio tra cui quello così detto zero, rappresentante la condizione di traffico allo stato attuale. In particolare, il documento presenta in tabella 3-4 le emissioni annue disaggregate in emissioni urbane (riferite al solo comune di Parma) ed extraurbane.

Se si considerano le sole emissioni di anidride carbonica, il documento stima in 126096 tonnellate quelle riferibili alla sola area urbana, mentre valuta in 590706 tonnellate, quelle di tutte le altre aree della provincia, per un totale cumulato di 716802 tonnellate.

L'impossibilità di disaggregare da questo valore la quota di traffico extraurbano, comunque gravante nel bilancio del Comune di Parma, rende estremamente difficile paragonare i risultati del Piano Urbano della Mobilità con quelli elaborati con le elaborazioni statistiche precedentemente descritte [3.28].

Il confronto tra i risultati dei due distinti procedimenti porta a ipotizzare che, verosimilmente, almeno trecento, delle cinquecentonovanta mila tonnellate attribuite al traffico extraurbano, siano comunque da attribuirsi a trasporti connessi ad attività aventi per riferimento utenze o utenti riferibili al Comune di Parma.

E' stato infine ricostruito l'inventario delle emissioni anche per i trasporti ferroviari mediante ad un procedimento deduttivo analogo a quello utilizzato per la stima dei consumi del settore agricolo, attraverso una prima ri-parametrizzazione dei dati del bilancio energetico regionale del settore [3.1-3.2], mediante il coefficiente di correzione anagrafica e una successiva stima delle emissioni in base ai quantitativi di combustibili così determinati.

Le tabelle 3.14 e 3.15 mostrano rispettivamente il bilancio energetico e l'inventario delle emissioni climalteranti per il settore. La figura 3.8 ricostruisce l'evoluzione cronologica del valore cumulato dell'inventario delle emissioni climalteranti del settore rispetto al valore obiettivo di Kyoto.

I valori determinati evidenziano che il settore dei trasporti è, in assoluto, il meno virtuoso; esso mostra infatti un *trend* continuamente crescente della domanda energetica e delle emissioni associate, in linea con la tendenza registrata in tutta la Regione.

Domanda Energetica Settore Trasporti

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)
Auto Elettriche	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
Combustibili	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Autovetture	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
Autocarri	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
Autobus	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
Veicoli da Provincia	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
Autostrada	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
Ferrovia	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Ferrovie Nazionali																					
Ferrovie Locali																					
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Totale *	1217.1 ^[1-2]	1284.7 ^[1-2]	1317.1 ^[1-2]	1435.3 ^[1-2]	1471.6 ^[1-2]	1529.0 ^[1-2]	1568.0 ^[1-2]	1668.7 ^[1-2]	1686.1 ^[1-2]	1713.6 ^[1-2]	1736.0 ^[1-]	1758.4 ^[1-]	1816.4 ^[1-]	1874.5 ^[1-]	1932.8 ^[1-]	1991.1 ^[1-]	2049.6 ^[1-2]	2087.5 ^[1-]	2126.1 ^[1-]	2246.2 ^[1-]	2461.7 ^[1-]

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[- -] nessuna fonte disponibile
* nella valutazione della energia primaria associata ai consumi elettrici si è fatto riferimento ad un rendimento elettrico medio del 40% come da AEEG Delibera n. 296/05

Tab. 3.14: bilancio energetico settore trasporti (procedura bottom - up)

Emissioni Climalteranti [CO₂]

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
Energia Elettrica	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Auto Elettriche	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
Combustibili	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Autovetture	186.6 ^[1-]	196.9 ^[1-]	201.9 ^[1-]	220.0 ^[1-]	225.6 ^[1-]	234.4 ^[1-]	240.3 ^[1-]	255.8 ^[1-]	258.4 ^[1-]	262.7 ^[1-]	266.1 ^[1-]	269.5 ^[1-]	278.4 ^[1-]	287.3 ^[28]	296.3 ^[1-]	305.2 ^[1-]	314.2 ^[1-]	320.0 ^[1-]	325.9 ^[1-]	344.3 ^[1-]	377.3 ^[1-]
Autocarri	27.4 ^[1-]	28.9 ^[1-]	29.7 ^[1-]	32.3 ^[1-]	33.2 ^[1-]	34.4 ^[1-]	35.3 ^[1-]	37.6 ^[1-]	38.0 ^[1-]	38.6 ^[1-]	39.1 ^[1-]	39.6 ^[1-]	40.9 ^[1-]	42.2 ^[28]	43.5 ^[1-]	44.9 ^[1-]	46.2 ^[1-]	47.0 ^[1-]	47.9 ^[1-]	50.6 ^[1-]	55.5 ^[1-]
Autobus	2.2 ^[1-]	2.4 ^[1-]	2.4 ^[1-]	2.6 ^[1-]	2.7 ^[1-]	2.8 ^[1-]	2.9 ^[1-]	3.1 ^[1-]	3.1 ^[1-]	3.2 ^[1-]	3.2 ^[1-]	3.2 ^[1-]	3.3 ^[1-]	3.5 ^[28]	3.6 ^[1-]	3.7 ^[1-]	3.8 ^[1-]	3.8 ^[1-]	3.9 ^[1-]	4.1 ^[1-]	4.5 ^[1-]
Veicoli da Provincia	10.7 ^[1-]	11.3 ^[1-]	11.6 ^[1-]	12.7 ^[1-]	13.0 ^[1-]	13.5 ^[1-]	13.8 ^[1-]	14.7 ^[1-]	14.9 ^[1-]	15.1 ^[1-]	15.3 ^[1-]	15.5 ^[1-]	16.0 ^[1-]	16.5 ^[28]	17.0 ^[1-]	17.6 ^[1-]	18.1 ^[1-]	18.4 ^[1-]	18.8 ^[1-]	19.8 ^[1-]	21.7 ^[1-]
Autostrada	50.1 ^[1-]	52.9 ^[1-]	54.2 ^[1-]	59.1 ^[1-]	60.6 ^[1-]	62.9 ^[1-]	64.6 ^[1-]	68.7 ^[1-]	69.4 ^[1-]	70.5 ^[1-]	71.5 ^[1-]	72.4 ^[1-]	74.8 ^[1-]	77.2 ^[28]	79.6 ^[1-]	82.0 ^[1-]	84.4 ^[1-]	85.9 ^[1-]	87.5 ^[1-]	92.5 ^[1-]	101.3 ^[1-]
Ferrovia	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Ferrovie Nazionali	0.6 ^[1-]	0.6 ^[1-]	0.6 ^[1-]	0.7 ^[1-]	0.7 ^[1-]	0.7 ^[1-]	0.7 ^[1-]	0.8 ^[1-]	0.8 ^[1-]	0.8 ^[1-]	0.8 ^[1-]	0.8 ^[1-]	0.9 ^[1-]	0.9 ^[28]	0.9 ^[1-]	0.9 ^[1-]	1.0 ^[1-]	1.0 ^[1-]	1.0 ^[1-]	1.1 ^[1-]	1.2 ^[1-]
Ferrovie Locali	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]	[--]
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Totale	277.6	293.1	300.4	327.4	335.7	348.8	357.7	380.6	384.6	390.9	396.0	401.1	414.3	427.6	440.9	454.2	467.5	476.2	485.0	512.4	561.6

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[- -] nessuna fonte disponibile

Tab. 3.15: inventario emissioni climalteranti settore trasporti (procedura bottom - up)

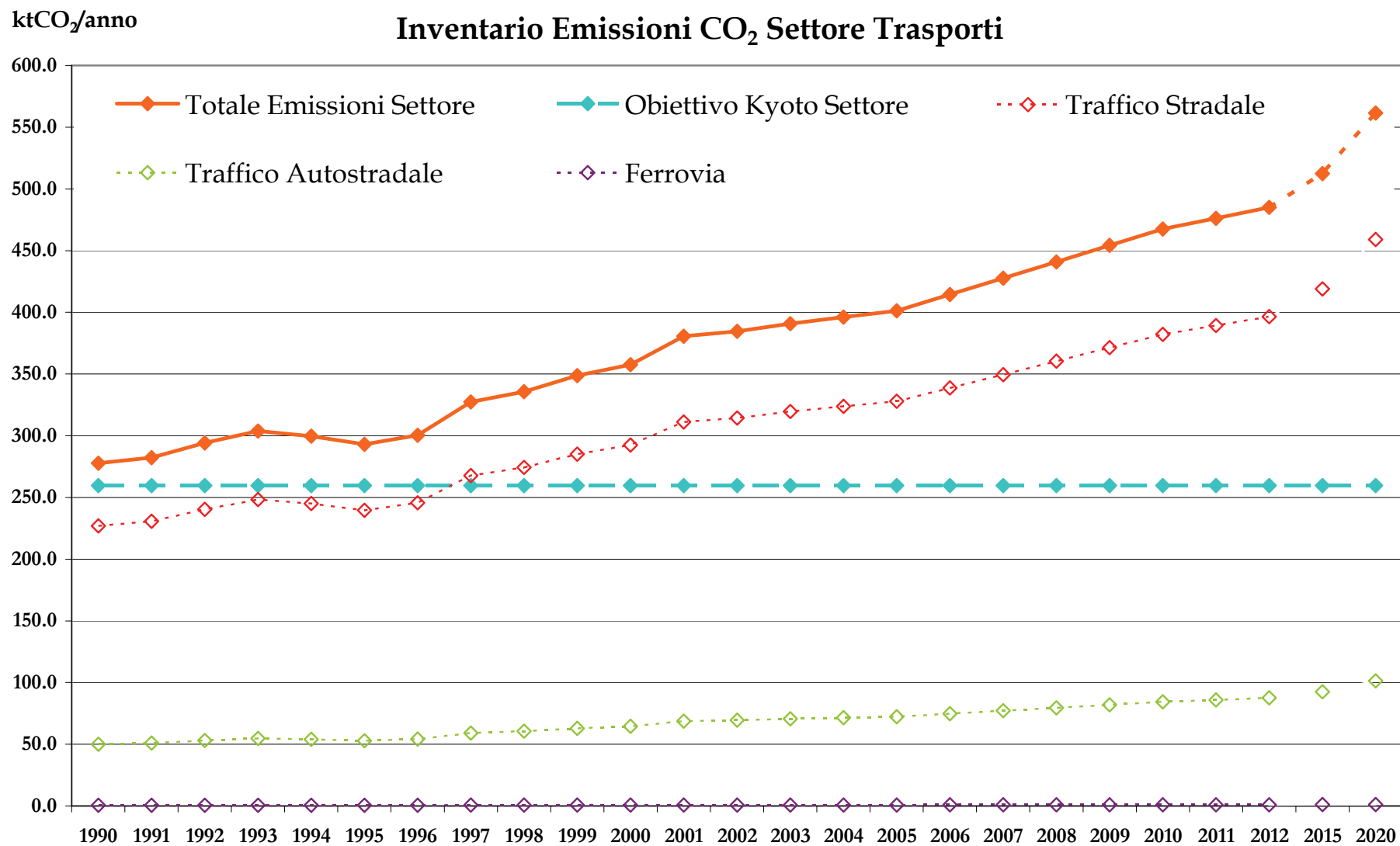


Fig.3.8: il settore dei trasporti e l'obiettivo Kyoto

3.8 SETTORE PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

I fabbisogni energetici associati alle attività del Comune di Parma sono stati determinati facendo riferimento alla Comunicazioni che, ogni anno la Pubblica Amministrazione invia in osservanza alla Art. 19 della Legge n. 10/1991, a cura del tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia [3.44].

Tali comunicazioni sono risultate particolarmente complete e hanno consentito una valutazione molto accurata della domanda energetica delle utenze della Pubblica Amministrazione.

In particolare, le Comunicazioni Annuali in base alla legge 10/91 forniscono il fabbisogno di energia primaria del Comune disaggregato in quattro voci principali:

- _ combustibili,
- _ carburanti,
- _ energia elettrica,
- _ energia termica per teleriscaldamento.

I fabbisogni elettrici sono stati espressi in termini di energia primaria in riferimento al rendimento medio del parco termoelettrico italiano come da indicazioni della AEEG Delibera n. 296/05 [3.17].

Gli inventari CORINAIR di ANPA [3.45], insieme alle già citate Direttiva 2004-156-CE [2.14], APAT, Centro Telematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni [3.15], e agli altri riferimenti di letteratura [3.3, 3.18] hanno fornito fattori di emissione e coefficienti di ossidazione, necessari per determinare l'inventario delle emissioni del settore, una volta che era nota la domanda energetica dello stesso

Dall'esame dei dati, appare del tutto evidente che la Pubblica Amministrazione Comunale sia del tutto virtuosa.

Non deve infatti trarre in inganno la tendenza alla crescita della domanda fatta registrare negli ultimi anni dal settore, essendo questa legata soprattutto ad un incremento dei consumi della Pubblica Illuminazione a servizio di una rete viaria in considerevole espansione. E' infatti incontrovertibile che l'aumento dei fabbisogni sia da imputarsi all'incremento della rete stradale e all'allestimento della illuminazione ad essa asservita.

Tutti gli altri indicatori si mostrano infatti stabili o in leggero declino, testimoniando l'efficacia delle azioni recentemente intraprese dalla Amministrazione Comunali come quella che ha portato lo stesso Comune a dotarsi di una flotta di veicoli elettrici per trasporto pubblico e colonnine di ricarica auto elettriche.

L'evoluzione futura della domanda energetica del settore e, con essa, del quadro emissivo ad essa correlata è stata determinata ipotizzando l'evoluzione spontanea delle serie storiche, con l'eccezione di una ipotesi di stabilizzazione della domanda associata alla illuminazione pubblica dopo il 2010, ipotizzando un probabile rallentamento del processo di espansione urbana. Questa analisi dei consumi non tiene però in considerazione i benefici degli interventi già in attuazione in questo settore, benefici che saranno illustrati nel capitolo dedicato alle azioni di risparmio energetico intraprese dalla Pubblica Amministrazione.

Le tabelle 3.16 e 3.17 mostrano il bilancio energetico del settore e il quadro emissivo associato.

La figura 3.18 fornisce indicazioni sull'evoluzione temporale dell'inventario delle emissioni di anidride carbonica sempre in riferimento all'obiettivo di Kyoto per il settore

Infine, se si valutassero i benefici connessi a teleriscaldamento e recuperi di biogas dal depuratore, capitoli del bilancio energetico aggregati rispettivamente al settore della trasformazione dell'energia e dell'agricoltura, ma sostanzialmente collegati alla politica energetica della Società Eni, di cui la Pubblica Amministrazione Comunale è uno dei principali azionisti, si potrebbe dimostrare che l'inventario delle emissioni della Pubblica Amministrazione e delle attività ad essa collegate è abbondantemente inferiore alla soglia prevista da Kyoto per il settore.

Domanda Energetica Settore Pubblica Amministrazione - Comune di Reggio Emilia																					
Combustibili (Riscaldamento e Autotrazione)	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Gasolio	16.4 ^[1-]	6.1 ^[44]	7.8 ^[44]	7.8 ^[44]	4.0 ^[44]	3.8 ^[44]	2.8 ^[44]	3.0 ^[44]	2.6 ^[44]	2.1 ^[44]	1.6 ^[44]	2.3 ^[44]	1.6 ^[1-]	1.4 ^[1-]	1.2 ^[1-]	1.0 ^[1-]	0.8 ^[1-]	0.6 ^[1-]	0.4 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Kerosene	0.1 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
G.P.L.	0.0 ^[1-]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.1 ^[44]	0.2 ^[44]	0.1 ^[44]	0.5 ^[44]	0.5 ^[44]	0.6 ^[44]	0.5 ^[1-]	0.6 ^[1-]	0.6 ^[1-]	0.7 ^[1-]	0.7 ^[1-]	0.8 ^[1-]	0.8 ^[1-]	1.0 ^[1-]	1.2 ^[1-]
Gas metano	38.0 ^[1-]	26.3 ^[44]	15.9 ^[44]	17.4 ^[44]	16.2 ^[44]	15.8 ^[44]	16.4 ^[44]	15.8 ^[44]	10.9 ^[44]	15.0 ^[44]	15.3 ^[44]	14.9 ^[44]	14.3 ^[1-]	14.1 ^[1-]	14.0 ^[1-]	13.9 ^[1-]	13.7 ^[1-]	13.6 ^[1-]	13.5 ^[1-]	13.1 ^[1-]	12.4 ^[1-]
Benzine super e verde	1.3 ^[1-]	1.3 ^[44]	1.4 ^[44]	1.5 ^[44]	1.5 ^[44]	1.2 ^[44]	1.0 ^[44]	0.9 ^[44]	0.9 ^[44]	0.9 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Gasolio autotrazione	1.0 ^[1-]	1.2 ^[44]	0.9 ^[44]	0.9 ^[44]	0.9 ^[44]	0.5 ^[44]	0.4 ^[44]	0.4 ^[44]	0.4 ^[44]	0.4 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Miscela	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Mezzi a noleggio	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]
Ap. trasporti	0.0 ^[1-]	0.5 ^[44]	0.5 ^[44]	0.5 ^[44]	0.2 ^[44]	0.1 ^[44]	0.2 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Mezzi privati	0.2 ^[1-]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Mezzi in leasing	1.1 ^[1-]	0.7 ^[44]	0.7 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Energia Elettrica	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)	(GWh _e)
Consumi vari	24.5 ^[1-]	21.1 ^[44]	24.5 ^[44]	24.1 ^[44]	26.9 ^[44]	25.5 ^[44]	26.5 ^[44]	26.1 ^[44]	29.3 ^[44]	27.5 ^[44]	30.5 ^[44]	26.2 ^[44]	29.7 ^[1-]	30.3 ^[1-]	30.9 ^[1-]	31.5 ^[1-]	32.1 ^[1-]	32.7 ^[1-]	33.3 ^[1-]	35.1 ^[1-]	38.0 ^[1-]
Consumi veicoli elettrici	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]
Pubblica illuminazione	30.0 ^[1-]	34.8 ^[44]	36.8 ^[44]	36.7 ^[44]	38.5 ^[44]	37.3 ^[44]	39.5 ^[44]	39.5 ^[44]	39.4 ^[44]	41.4 ^[44]	48.2 ^[44]	48.2 ^[44]	47.1 ^[1-]	48.3 ^[1-]	49.5 ^[1-]	50.7 ^[1-]	50.7 ^[1-]	50.7 ^[1-]	50.7 ^[1-]	50.7 ^[1-]	50.7 ^[1-]
Energia da Fluidi Termovettori	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Teleriscaldamento	19.5 ^[1-]	17.8 ^[44]	19.8 ^[44]	25.1 ^[44]	30.7 ^[44]	34.4 ^[44]	33.7 ^[44]	36.5 ^[44]	35.4 ^[44]	47.6 ^[44]	41.2 ^[44]	41.8 ^[44]	48.6 ^[1-]	51.2 ^[1-]	53.8 ^[1-]	56.4 ^[1-]	59.0 ^[1-]	59.0 ^[1-]	59.0 ^[1-]	59.0 ^[1-]	59.0 ^[1-]
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Totale *	213.8	194.2	200.5	205.6	216.9	212.7	219.4	220.7	222.2	239.0	255.8	245.7	257.5	264.2	271.0	277.7	281.5	282.6	283.8	287.6	294.6

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[- -] nessuna fonte disponibile
* nella valutazione della energia primaria associata ai consumi elettrici si è fatto riferimento ad un rendimento elettrico medio del 40% come da AEEG Delibera n. 296/05

Tab. 3.16: bilancio energetico settore Pubblica Amministrazione (procedura bottom - up)

Emissioni Climalteranti [CO₂]

Combustibili
(Riscaldamento e Autotrazione)

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Gasolio	4.3 ^[1-]	1.6 ^[44]	2.1 ^[44]	2.1 ^[44]	1.1 ^[44]	1.0 ^[44]	0.7 ^[44]	0.8 ^[44]	0.7 ^[44]	0.6 ^[44]	0.4 ^[44]	0.6 ^[44]	0.4 ^[1-]	0.4 ^[1-]	0.3 ^[1-]	0.3 ^[1-]	0.2 ^[1-]	0.2 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Kerosene	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
G.P.L.	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.1 ^[1-]	0.2 ^[1-]	0.2 ^[1-]	0.2 ^[1-]	0.2 ^[1-]	0.3 ^[1-]
Gas metano	7.6 ^[1-]	5.3 ^[44]	3.2 ^[44]	3.5 ^[44]	3.2 ^[44]	3.2 ^[44]	3.3 ^[44]	3.1 ^[44]	2.2 ^[44]	3.0 ^[44]	3.1 ^[44]	3.0 ^[44]	2.8 ^[1-]	2.8 ^[1-]	2.8 ^[1-]	2.8 ^[1-]	2.7 ^[1-]	2.7 ^[1-]	2.7 ^[1-]	2.6 ^[1-]	2.5 ^[1-]
Benzine super e verde	0.3 ^[1-]	0.3 ^[44]	0.4 ^[44]	0.4 ^[44]	0.4 ^[44]	0.3 ^[44]	0.3 ^[44]	0.2 ^[44]	0.2 ^[44]	0.2 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Gasolio autotrazione	0.3 ^[1-]	0.3 ^[44]	0.2 ^[44]	0.2 ^[44]	0.2 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Miscela	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Mezzi a noleggio	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Ap. trasporti	0.0 ^[1-]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.1 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Mezzi privati	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Mezzi in leasing	0.3 ^[1-]	0.2 ^[44]	0.2 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Energia Elettrica	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Consumi vari	13.1 ^[1-]	11.3 ^[44]	13.1 ^[44]	12.9 ^[44]	14.3 ^[44]	13.6 ^[44]	14.1 ^[44]	13.9 ^[44]	15.7 ^[44]	14.7 ^[44]	16.3 ^[44]	14.0 ^[44]	15.9 ^[1-]	16.2 ^[1-]	16.5 ^[1-]	16.8 ^[1-]	17.1 ^[1-]	17.5 ^[1-]	17.8 ^[1-]	18.7 ^[1-]	20.3 ^[1-]
Consumi veicoli elettrici	0.0 ^[1-]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[44]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]	0.0 ^[1-]
Pubblica illuminazione	16.0 ^[1-]	18.6 ^[44]	19.6 ^[44]	19.6 ^[44]	20.6 ^[44]	19.9 ^[44]	21.1 ^[44]	21.1 ^[44]	21.0 ^[44]	22.1 ^[44]	25.8 ^[44]	25.7 ^[44]	25.2 ^[1-]	25.8 ^[1-]	26.4 ^[1-]	27.1 ^[1-]	27.1 ^[1-]	27.1 ^[1-]	27.1 ^[1-]	27.1 ^[1-]	27.1 ^[1-]
Energia da Fluidi Termovettori	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Teleriscaldamento	3.9 ^[1-]	3.5 ^[44]	3.9 ^[44]	5.0 ^[44]	6.1 ^[44]	6.8 ^[44]	6.7 ^[44]	7.3 ^[44]	7.1 ^[44]	9.5 ^[44]	8.2 ^[44]	8.3 ^[44]	9.7 ^[1-]	10.2 ^[1-]	10.7 ^[1-]	11.2 ^[1-]	11.8 ^[1-]	11.8 ^[1-]	11.8 ^[1-]	11.8 ^[1-]	11.8 ^[1-]
Totale	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
	46	41.3	43	44	46	45	46	47	47	50	54	52	54	56	57	58	59	59	60	60	62

[num] riferimento da bibliografia
[-] stima
[- -] nessuna fonte disponibile

Tab. 3.17: inventario emissioni climalteranti settore Pubblica Amministrazione (procedura bottom - up)

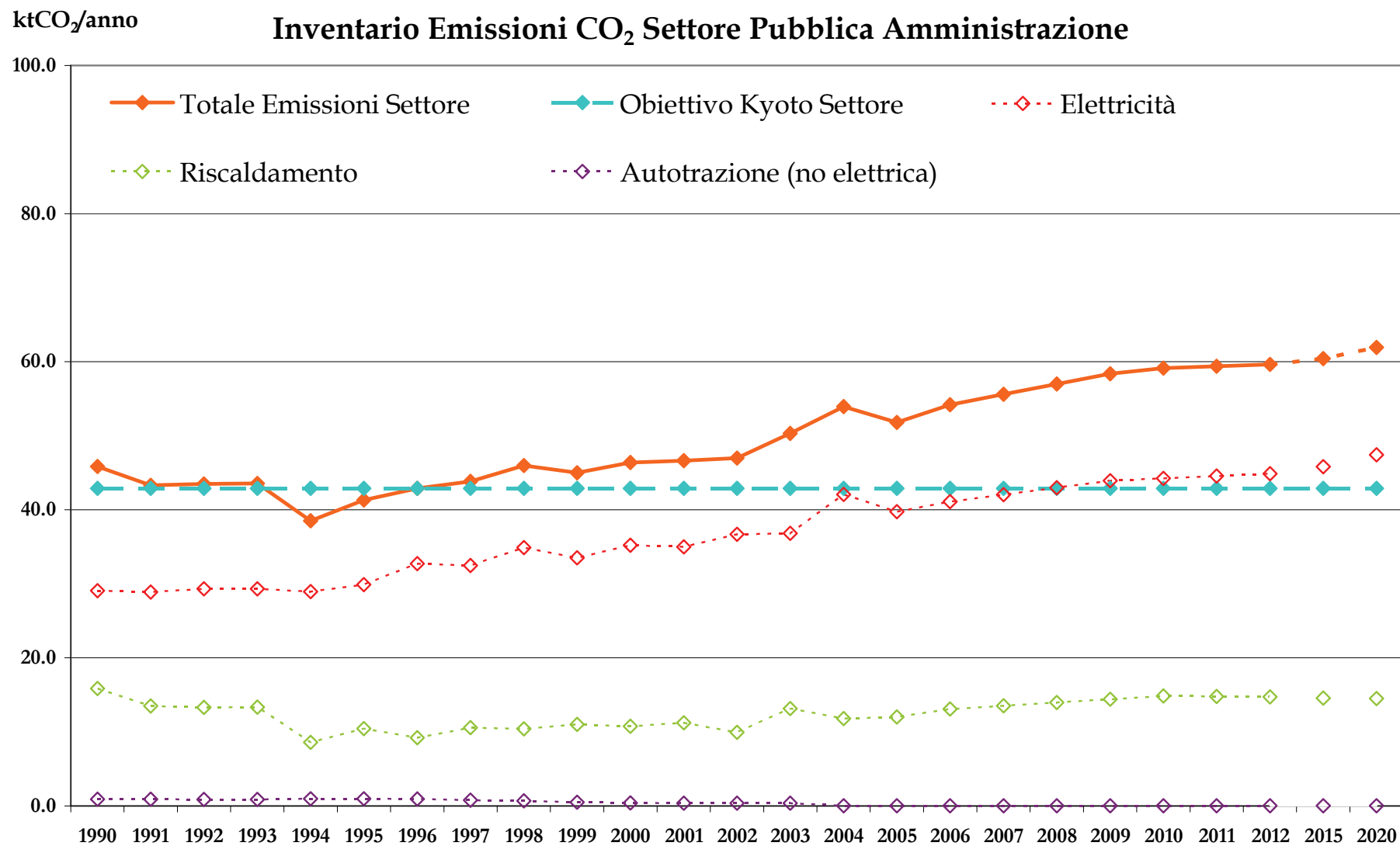


Fig. 3.9: il settore della Pubblica Amministrazione e l'obiettivo Kyoto

3.9 CONCLUSIONE

La ricostruzione del bilancio energetico comunale e del relativo inventario delle emissioni climalteranti, sviluppato nel dettaglio dai precedenti paragrafi, e riepilogato nelle tabelle 3.18, 3.19 e nelle figure 3.10 e 3.12, ha evidenziato alcuni aspetti caratteristici del territorio comunale che possono essere così riepilogati:

_ la situazione generale è problematica: l'obiettivo Kyoto appare lontano: tra le duecento e le trecentomila tonnellate di anidride carbonica, oltre il valore obiettivo. Questo gap, tuttavia, non appare così pesante come in molti degli altri Comuni capoluogo della Regione.

Questa situazione di singolarità è confermata dai risultati della procedura *bottom up* che, essendo costruita a partire dal censimento dei fabbisogni energetici e delle emissioni, è per questo motivo molto più affidabile. Tale metodologia ha infatti consentito di disaggregare con buon dettaglio la domanda energetica nei diversi usi finali, mettendo in risalto i benefici connessi alla grande diffusione sul territorio della rete di teleriscaldamento e alla cogenerazione delle nuove centrali. L'approccio deduttivo *top down*, costruito invece a partire dai dati regionali, non aveva consentito di individuare altrettanto chiaramente questa particolare situazione.

_ Il fatto che il Comune di Parma sia più virtuoso rispetto al resto della Regione dipende quindi dal fatto che negli anni passati si sia dato corso a una politica che ha portato all'ottimizzazione, al parziale ampliamento e al *revamping* delle centrali di cogenerazione con cui è stato possibile trasportare i cascami entalpici di centrale a teleriscaldare estesi settori della città.

Sono poi di tutta evidenza le buone pratiche, finalizzate all'uso razionale dell'energia, messe in opera dalla Pubblica Amministrazione e da alcune realtà locali come ACER , le Associazioni degli Industriali, l'Ospedale maggiore - Azienda Ospedaliera di Parma, *etc.*

_ Il settore civile in particolare detiene grandi potenzialità di riduzione dei consumi e delle emissioni correlate. Proprio per questo motivo grandi aspettative sono riposte nelle potenzialità delle azioni di politica energetica connesse alla promozione e allo sviluppo da parte della Pubblica Amministrazione del modello di architettura ad alta efficienza energetica previsto nel nuovo regolamento energetico cittadino.

_ I trasporti rappresentano il settore più critico, anche per la difficoltà di intraprendere azioni efficaci nel contenerne la domanda energetica e le emissioni.

I diagrammi a torta di fig. 3.12, mostrano la ripartizione delle emissioni climalteranti totali tra i diversi settori, evidenziando chiaramente questa ultima grande problematicità.

Domanda Energetica

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Settore Trasformazioni Energetiche	193,4	304,4	343,1	366,7	399,4	509,3	514,0	612,1	561,8	565,6	1012,2	1280,5	1376,8	1412,4	1457,3	1502,2	1547,1	1371,5	1371,5	1371,5	1371,5
Settore Civile	1467,2	1618,6	1824,9	1615,0	1719,4	1844,5	1867,0	1772,1	1845,2	1974,2	2042,9	2011,8	2033,5	2102,7	2043,7	2061,6	2079,9	2087,4	2095,4	2122,8	2181,0
Settore Industriale	1600,0	1281,0	1362,9	1345,6	1472,9	1719,3	1901,7	1200,7	1253,3	1334,9	1391,7	1507,1	1633,2	1829,3	1847,2	1866,0	1885,9	1906,7	1928,6	2000,4	2141,5
Settore Trasporti	1217,1	1284,7	1317,1	1435,3	1471,6	1529,0	1568,0	1668,7	1686,1	1713,6	1736,0	1758,4	1816,4	1874,5	1932,8	1991,1	2049,6	2087,5	2126,1	2246,2	2461,7
Settore Agricolo	181,1	173,9	162,9	213,9	201,4	231,7	220,2	242,4	253,1	253,8	261,8	271,1	282,7	284,2	290,8	297,5	304,2	310,9	317,7	338,3	373,5
Settore P.A. ComuneParma	213,8	194,2	200,5	205,6	216,9	212,7	219,4	220,7	222,2	239,0	255,8	245,7	257,5	264,2	271,0	277,7	281,5	282,6	283,8	287,6	294,6
Benefici da Cogenerazione	0,0	43,7	-46,7	65,7	38,8	115,1	120,9	68,3	-31,7	-91,6	-483,5	-328,2	-245,9	-256,9	-272,6	-288,3	-304,0	-479,6	-479,6	-479,6	-479,6
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
Totale	4873	4901	5165	5248	5520	6161	6411	5785	5790	5989	6217	6746	7154	7511	7570	7708	7844	7567	7643	7887	8344

Emissioni Climalteranti [CO₂]

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Settore Trasformazioni Energetiche	48,7	77,5	88,8	92,6	96,8	108,0	102,5	119,3	111,3	112,7	201,8	252,9	269,7	276,8	285,7	294,7	303,6	273,4	273,4	273,4	273,4
Settore Civile	304,0	330,2	370,7	329,8	353,7	369,5	372,6	353,7	368,2	394,0	407,7	401,5	405,8	419,6	407,9	411,5	415,1	416,6	418,2	423,7	435,4
Settore Industriale	342,1	280,7	297,1	293,2	324,5	363,6	398,9	259,6	272,2	287,8	299,2	323,0	348,9	392,7	396,9	401,3	405,9	410,8	415,8	432,3	464,4
Settore Trasporti	277,6	293,1	300,4	327,4	335,7	348,8	357,7	380,6	384,6	390,9	396,0	401,1	400,3	427,6	440,9	454,2	467,5	476,2	485,0	512,4	561,6
Settore Agricolo	132,6	119,5	114,6	125,2	120,6	124,5	120,0	124,9	127,4	127,8	129,5	131,8	134,6	135,0	136,6	138,2	139,9	141,5	143,2	148,2	156,8
Settore P.A. Comune Parma	45,9	41,3	42,9	43,8	46,0	45,0	46,4	46,6	47,0	50,3	53,9	51,8	54,2	55,6	57,0	58,4	59,1	59,4	59,6	60,4	61,9
Benefici da Cogenerazione	17,2	35,4	26,1	44,1	38,4	44,3	39,1	25,2	9,3	0,5	-78,7	-49,0	-36,7	-37,5	-39,9	-42,4	-44,8	-75,1	-75,1	-75,1	-75,1
Benefici Produzione Locale Energia	-31,5	-41,2	-61,8	-47,6	-57,3	-62,5	-62,4	-93,1	-101,0	-111,0	-279,1	-298,8	-303,4	-311,0	-322,3	-333,6	-344,9	-344,9	-344,9	-344,9	-344,9
	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]	[ktCO ₂]
Totale	1137	1137	1179	1209	1258	1341	1375	1217	1219	1253	1130	1214	1273	1359	1363	1382	1402	1358	1375	1430	1533

Tab. 3.18: bilancio energetico e inventario emissioni climalteranti Comune di Parma (procedura bottom-up/censimento)

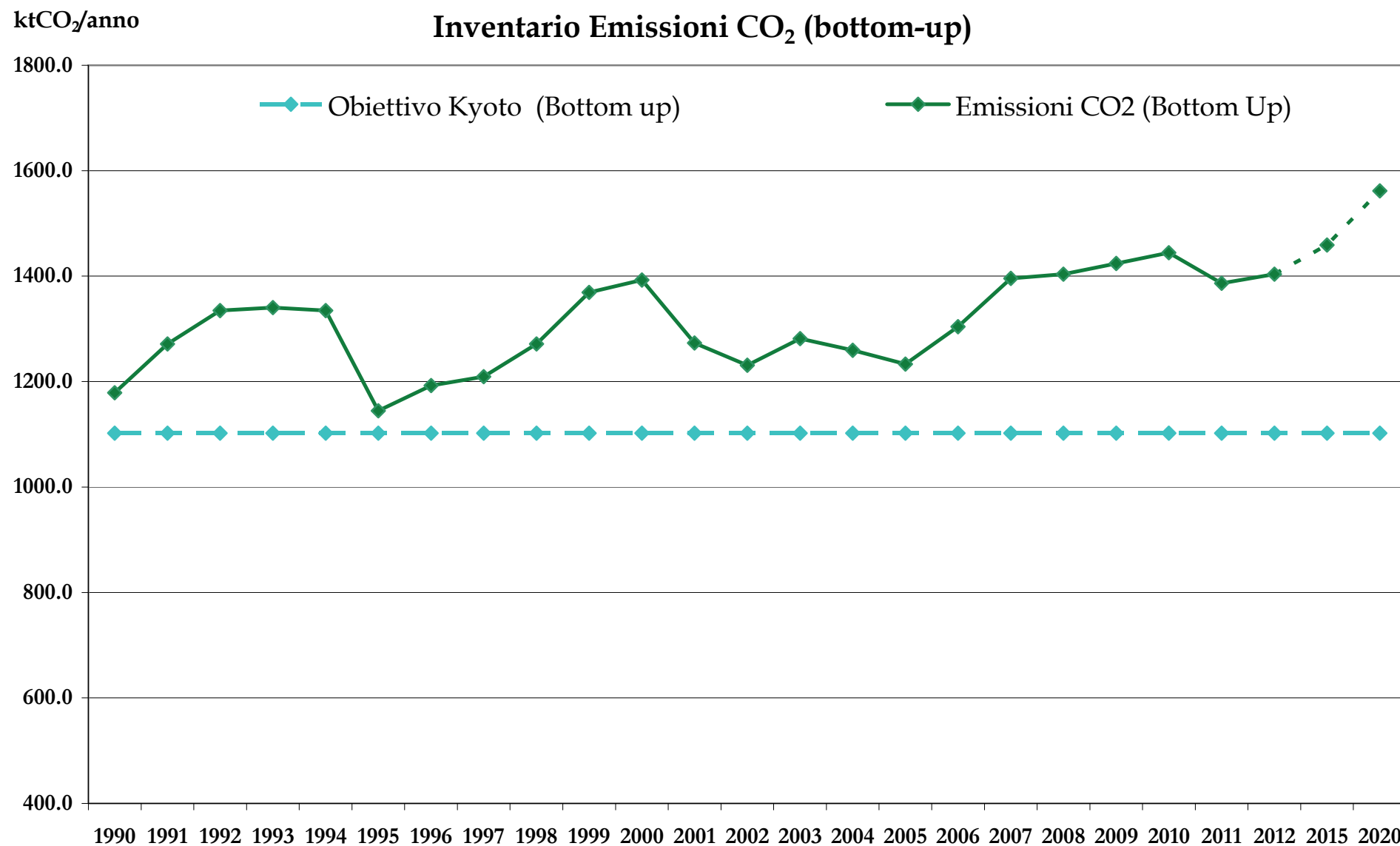
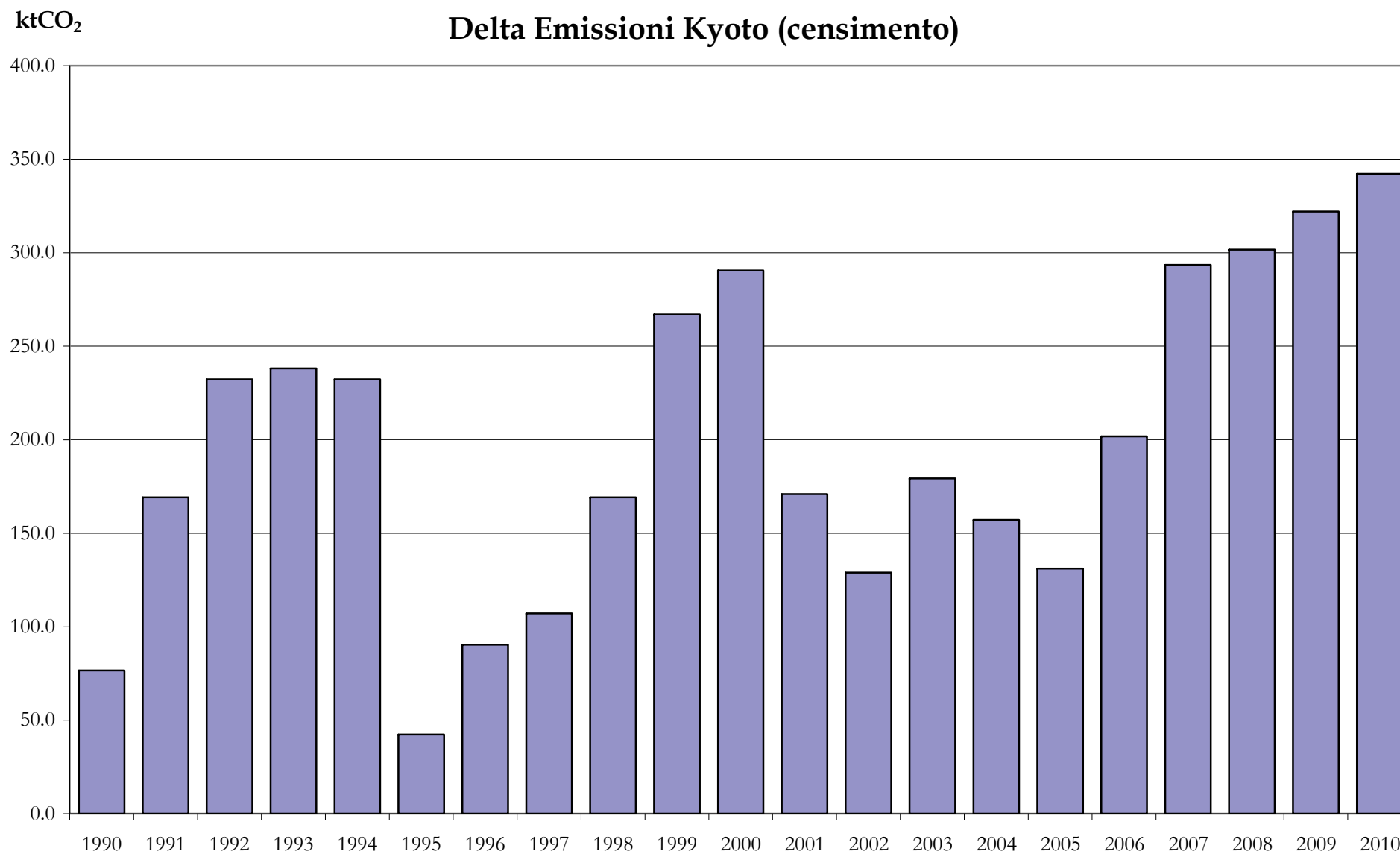


Fig. 3.10: archivio emissioni climalteranti Comune Parma (censimento e procedura top-down).



Tab. 3.19: distanza tra i valori annuali emissioni climalteranti Comune Parma - obiettivo Kyoto (procedura bottom - up).

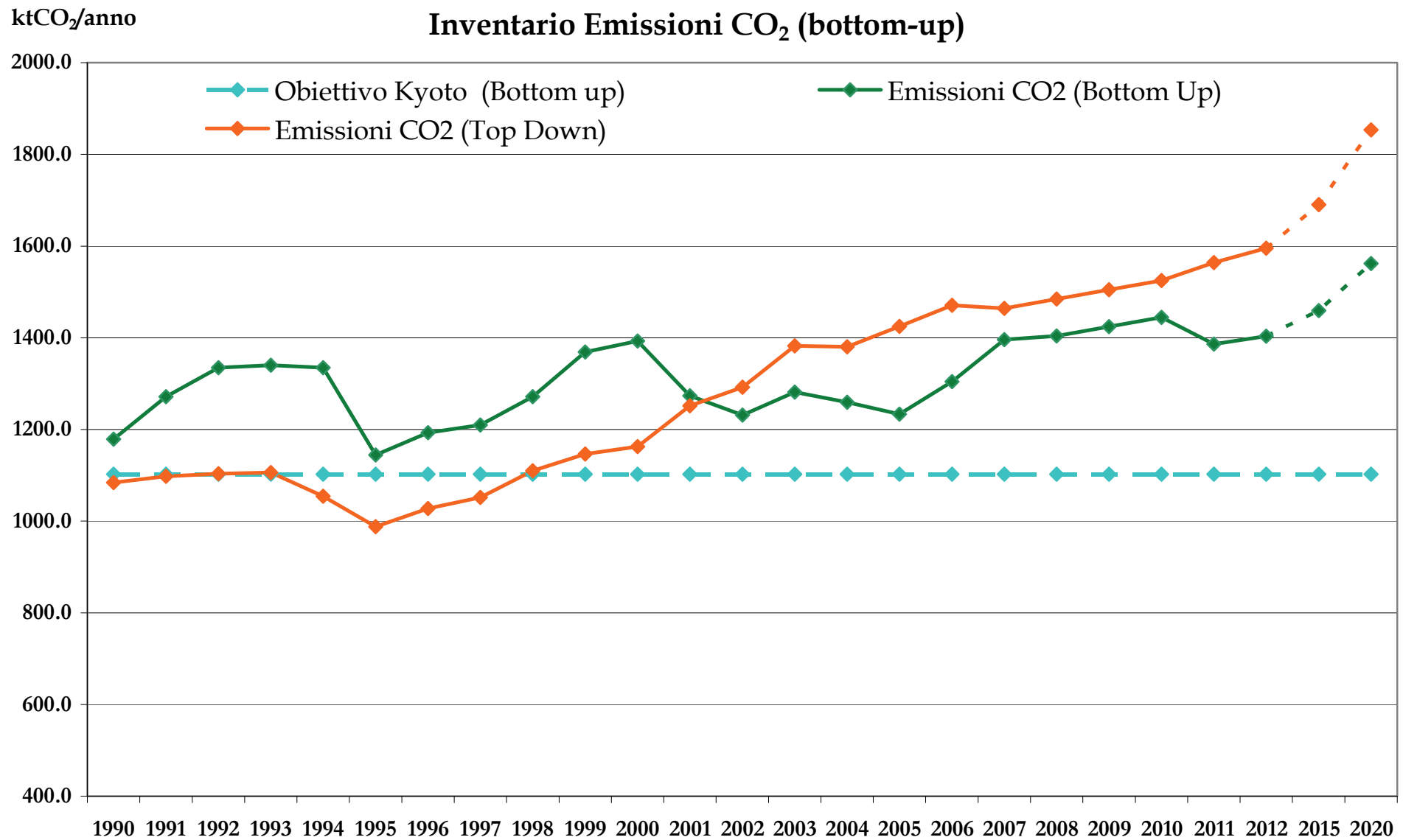


Fig. 3.11: archivio emissioni climalteranti Comune Parma.

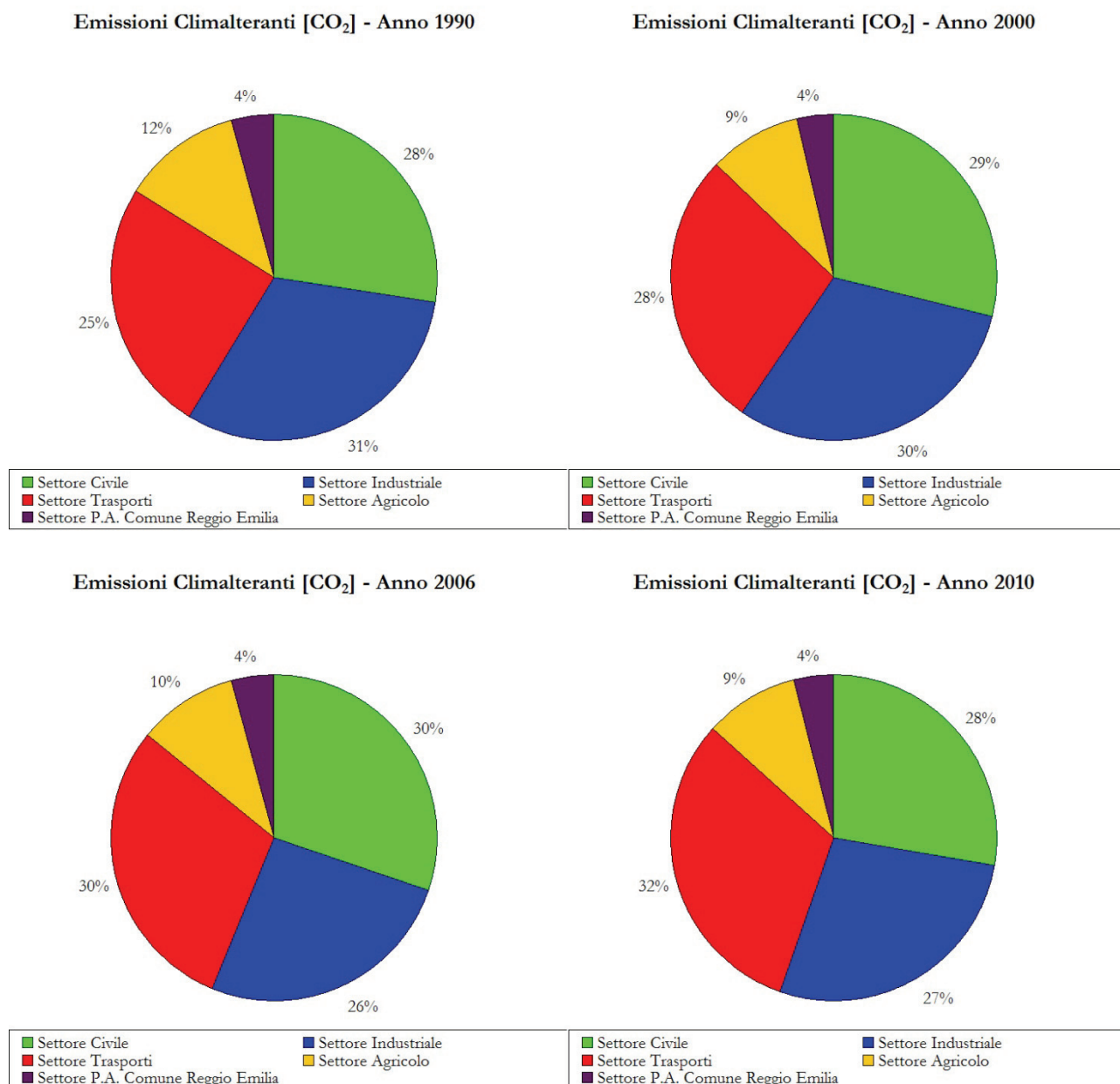


Fig. 3.12: la distribuzione delle emissioni climalteranti per usi finali in alcune annate di riferimento (note: non è stato considerato il settore di trasformazione dell'energia e i benefici ad esso correlati).

4

Quarto Capitolo

LE AREE PRODUTTIVE ECOLOGICAMENTE ATTREZZATE

4.1 Le aree produttive ecologicamente attrezzate: premessa e richiami normativi

Il tema delle “aree industriali ecologicamente attrezzate” (AEA) è stato introdotto in Italia nel 1998 dal Decreto Bassanini (D.lgs n°112 del 31 marzo 1998) sul conferimento di funzioni dallo Stato alle Regioni e agli Enti Locali.

Il decreto, all’art. 26, indica: “Le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano disciplinano, con proprie leggi, le aree industriali e le aree ecologicamente attrezzate, dotate delle infrastrutture e dei sistemi necessari a garantire la tutela della salute, della sicurezza e dell’ambiente...”.

La normativa nazionale rimanda alle singole Regioni il compito di disciplinare la materia ponendo però alcuni elementi basilari:

- 1) le aree ecologicamente attrezzate sono dotate delle infrastrutture e dei sistemi necessari a garantire la tutela della salute, della sicurezza e dell’ambiente;
- 2) le aree ecologicamente attrezzate sono caratterizzate da forme di gestione unitaria delle infrastrutture e dei servizi;
- 3) gli impianti produttivi localizzati nelle aree ecologicamente attrezzate sono esonerati dall’acquisire delle autorizzazioni concernenti l’utilizzazione dei servizi ivi presenti.

Le aree produttive ecologicamente (APEA) propongono il cosiddetto “approccio di cluster”, dal momento che sono caratterizzate dall’applicazione di principi riconducibili all’ecologia industriale, all’efficienza della pianificazione e uso finale dell’energia e all’adozione di sistemi di gestione ambientale d’area. Le APEA mirano alla “chiusura dei cicli” di materia, acqua, energia e rifiuti e a un’ottimizzazione dell’organizzazione delle attività che generano impatti sull’ambiente.

L’approccio cooperativo si concretizza in due aspetti base:

- a) adozione di impianti e infrastrutture di natura collettiva all’interno dell’area industriale (es: area centralizzata per lo stoccaggio dei rifiuti, impianti di produzione energetica a servizio dell’area);
- b) individuazione di un soggetto unitario che si occupi di servizi comuni all’interno dell’ambito produttivo (es: gestione collettiva dell’energia, rifiuti, sicurezza).

La presenza di un soggetto unitario nell’ambito produttivo, che rappresenta le aziende nell’area, consente lo sviluppo di un programma di miglioramento ambientale, ossia una sorta di azioni che si concretizzano nella molteplicità di soggetti impegnati ad affrontare problematiche dell’area industriale, tramite una condivisione di risorse umane e finanziarie.

Gli elementi ricorrenti che caratterizzano le APEA nelle varie Regioni italiane che hanno disciplinato la materia, si possono riassumere in:

- gestione unitaria dei servizi collettivi;
- programma ambientale d’area;
- sviluppo economico improntato alla sostenibilità ambientale.

4.2 Leggi e regolamenti di sviluppo della APEA nelle varie Regioni in Italia

Come precedentemente anticipato, la normativa italiana attribuisce alle singole Regioni il compito di disciplinare il tema delle aree ecologicamente attrezzate sul proprio territorio.

Analizzando la normativa di ogni singola Regione in Italia è stato possibile redigere la seguente tabella:

REGIONE	ESTREMO DI LEGGE	NOTE
ABRUZZO	<ul style="list-style-type: none"> - Delibera Giunta Regionale n°1122/03 “Definizione della disciplina delle aree ecologicamente attrezzate”. - Delibera Giunta Regionale n°1252/04 “Criteri e tipologie generali per l’individuazione delle aree da destinare a insediamenti per attività produttive”. 	
BASILICATA	<ul style="list-style-type: none"> - Legge Regionale 41/98 (art.4) “Disciplina dei consorzi per lo sviluppo industriale”. - Legge Regionale 7/99 (art.20) 	La Basilicata individua i ruoli di consorzi misti (Camera di Commercio) e gli imprenditori privati per la realizzazione di nuove aree o il recupero delle esistenti. Tali consorzi, che sono i Soggetti Responsabili delle aree, hanno i compiti non solo di realizzazione ma anche di gestione dei servizi.
CALABRIA	<ul style="list-style-type: none"> - Legge Regionale n°38 del 24/12/01 “Nuovo regime giuridico dei Consorzi per le aree, i nuclei e le zone di sviluppo industriale”. - Legge Regionale n°34 del 12/08/02 “Riordino delle funzioni amministrative regionale e locali”. 	La LR 38/01 individua e caratterizza il concetto di APEA; la LR 34/02 presenta i Comuni in forma singola o associata, individua e gestisce le aree industriali ecologicamente attrezzate.

CAMPANIA	<p>- Delibera Giunta Regionale n°4459 del 30/09/02</p> <p>“Linee guida per la pianificazione territoriale regionale (PTR)”.</p>	L'allegato E prevede che la Regione si doterà di apposito atto di indirizzo sulle APEA.
EMILIA - ROMAGNA	<p>- Legge Regionale n°20 del 24/03/2000</p> <p>“Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio”.</p> <p>- Delibera Assemblea legislativa n°118/07</p> <p>“Approvazione atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito alla realizzazione in Emilia – Romagna di aree ecologicamente attrezzate”.</p>	
LAZIO	<p>- Legge Regionale n°14 del 06/08/99</p> <p>“Organizzazione delle funzioni a livello regionale e locale per la realizzazione del decentramento amministrativo”.</p> <p>- Proposta di Legge Regionale n°58 del 28/07/10</p> <p>“Indirizzi e competenze per l'individuazione , progettazione e gestione dei distretti ECO-industriali e delle aree ecologicamente attrezzate.</p>	
LIGURIA	<p>- Legge Regionale n°9 del 24/03/99</p> <p>“Attribuzione agli enti locali e disciplina generale dei compiti e delle funzioni amministrative, conferiti alla Regione dal decreto legislativo 112/98, nel settore sviluppo economico e attività</p>	La regione, fin dai suoi primi atti in materia , definisce aree produttive ecologicamente attrezzate quelle che presentino un sistema coordinato di collegamenti e reti infrastrutturali mirate alla riduzione dell'inquinamento, efficienza energetica ecc... Viene creata, già nel 1998, la

	<p>produttive...”.</p> <p>- Legge Regionale n°14 del 27/03/98</p> <p>“Interventi per la riqualificazione dei siti produttivi e la rivitalizzazione dei centri storici...”.</p> <p>- Delibera Giunta Regionale n°1486 del 28/12/2000</p> <p>“Criteri, parametri e modalità per la realizzazione delle aree industriali e aree ecologicamente attrezzate”.</p> <p>- Delibera Consiglio Regionale n°43 del 02/12/03</p> <p>“Piano energetico ambientale della Regione Liguria”.</p>	<p>Finanziaria ligure per lo sviluppo economico , con lo scopo di finanziare in contributo in conto capitale le APEA.</p> <p>Con la DGR del 2000 vengono dettate le dotazioni minime per la definizione di APEA (energia, infrastrutture e servizi) e si individuano i Comuni come i soggetti che definiscono e promuovono le APEA soprattutto di recupero dell’esistente attraverso la redazione del Piano degli interventi . Con il PEAR vengono specificati quali impianti energetici di potenza 300 KWe a servizio di APEA saranno autorizzati con iter semplificati, a patto che si dimostri il ridotto impatto ambientale e l’utilizzo delle migliori tecnologie, non solo da fonte fossile.</p>
LOMBARDIA	<p>- Legge Regionale n°1 del 05/01/2000</p> <p>“Riordino del sistema delle autonomie in Lombardia. Attuazione del D.lgs 112/08”.</p> <p>-Delibera Giunta Regionale n°6/49509 del 07/04/2000</p> <p>“Approvazione delle linee generali di assetto del territorio lombardo.</p> <p>- Delibera Giunta Regionale n°6/41318 del 05/02/99</p> <p>“Sportello unico delle imprese. Prime indicazioni per la costituzione e l’avvio delle strutture comunali di cui all’art.24 del D.lgs 112/98”.</p> <p>- Delibera Giunta Regionale n°7/7569 del 21/12/01</p> <p>“Modifiche e integrazioni alla DGR n°6/41318 del 05/02/99”.</p>	<p>La Lombardia norma le caratteristiche urbanistiche, ambientali ed energetiche dei siti produttivi senza caratterizzarli con il titolo di APEA. La DGR 6/41318 impone che siano analizzati criteri specifici per i territori (riusi di aree esistenti, funzionalità del sistema produttivo, efficienza , mobilità, logica di interrelazione delle attività economico produttive, qualità ambientale ecc...).</p> <p>La Provincia e il Comune di Milano hanno elaborato proprie linee guida per la promozione e la gestione delle APEA.</p>

MARCHE	<p>- Legge Regionale n°20 del 2003</p> <p>“Testo unico delle norme in materia industriale, artigiana e dei servizi alla produzione”.</p> <p>- Delibera Giunta Regionale n°1746 del 16/12/2003</p> <p>“Indirizzi di ecosostenibilità per l’innovazione tecnica e gestionale delle aree produttive”.</p> <p>- Delibera Giunta Regionale n°1469/05</p> <p>“Comunicare la qualità e la gestione ambientale sistemica come mezzo per incentivare l’attrazione di investimenti e sostenere lo sviluppo locale”.</p> <p>- Delibera Giunta Regionale n°157 del 07/02/2005</p> <p>“Linee guida per le aree ecologicamente attrezzate della regione Marche”.</p> <p>- Legge Regionale n°15 del 2005</p> <p>“Disciplina degli interventi di riqualificazione urbana e indirizzi per le aree ecologicamente attrezzate”.</p>	<p>La regione Marche, fin dal 2003, si è impegnata a promuovere le APEA attraverso finanziamenti pubblici, utilizzati come strumento per la crescita e la competitività del sistema economico delle imprese. I casi sperimentali e le normative che si sono succedute, proponevano modelli volti non solo alla semplificazione, ma anche al potenziamento, sia del sistema di gestione ambientale dell’area che all’implementazione dell’efficienza energetica e uso di rinnovabili.</p>
MOLISE	<p>Legge Regionale n°34 del 29/09/1999</p> <p>“Norme sulla ripartizione delle funzioni e dei compiti amministrativi tra Regione ed enti locali”.</p> <p>- Legge Regionale n°27 del 14/04/2000</p> <p>“Riordino della disciplina in materia di industria”.</p> <p>- Legge Regionale n°8 del 08/04/04</p> <p>“Disciplina dei consorzi di</p>	<p>La Regione Molise dispone che i piani regolatori consortili individuino le aree produttive, le infrastrutture e le dotazioni di impianti e servizi di tutela ambientale. Tali opere vengono affidate a Consorzi.</p>

	sviluppo industriale e prime indicazioni per l'individuazione dei distretti industriali e sistemi produttivi locali".	
PIEMONTE	<p>- Legge Regionale n°44 del 26/04/2000 "Disposizioni normative per l'attuazione del D.lgs 112/98".</p> <p>- Legge Regionale n°34 del 22/11/04 "Interventi per lo sviluppo delle attività produttive".</p> <p>- Delibera Giunta Regionale n°30 – 11858 del 28/07/09. "Adozione delle linee guida per le aree produttive ecologicamente attrezzate".</p>	In tale Regione le aree ecologicamente attrezzate non sono solo quelle produttive, ma anche quelle commerciali, nelle quali sono necessari una gestione centralizzata di servizi e infrastrutture, impianti comuni per l'efficiente soddisfacimento del fabbisogno energetico delle imprese insediate, risparmio energetico e tutela ambientale e della salute.
PUGLIA	<p>- Legge Regionale n°24 del 11/12/2000 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi in materia di artigianato, industrie, fiere...".</p> <p>- Legge Regionale n°19 del 25/07/01 "Disposizioni urgenti e straordinarie di attuazione del decreto legislativo 112 del 31 marzo 1998 art. 26".</p> <p>- Legge Regionale n°2 del 31/01/03 "Disciplina degli interventi di sviluppo economico, attività produttive, aree industriali e aree ecologicamente attrezzate".</p>	I Comuni, anche in forma associata, elaborano piani regolatori ove individuano agglomerati industriali prontamente esistenti da destinare a uno sviluppo ecosostenibile.
TOSCANA	<p>- Legge Regionale n°87 del 01/12/05 "Attribuzione agli enti locali e disciplina generale delle funzioni e dei compiti amministrativi in materia di artigianato, industria, fiere e mercati...".</p>	La Toscana impone, come le altre regioni, particolare attenzione all'impatto dell'area sul territorio circostante, anche dal punto di vista paesaggistico.

	- Delibera Giunta Regionale n°1130 del 15/11/04 “Disciplina degli interventi regionali in materia di attività produttive”.	
FRIULI VENEZIA GIULIA	- Legge Regionale n°3 del 18/01/99 “Disciplina dei Consorzi di sviluppo industriale”. - Legge Regionale n°4 del 04/03/05 “Interventi per il sostegno e lo sviluppo competitivo delle piccole e medie imprese nel Friuli Venezia Giulia”.	In Friuli non esiste una normativa sulle APEA. Tale Regione però è dotata di normative sui Consorzi di sviluppo industriale che hanno lo scopo di una gestione unitaria d’area anche ambientali. Alla stregua dei Consorzi vi sono le Agenzie di Sviluppo dei distretti industriali e l’EZIT (Ente Zona Industriale di Trieste).
VENETO	- Legge Regionale n°11/01 “Riordino delle autonomie locali in attuazione al D.lgs 112/08”.	In Veneto restano ancora da approvare normative specifiche sulle aree industriali e le aree ecologicamente attrezzate. Nel 2008 è stato siglato un primo accordo quadro per la riconversione del polo industriale di Marghera ad area ecologicamente attrezzata.
SICILIA	- Legge Regionale n°4 del 27/02/65 “Creazione dei Consorzi per le aree di Sviluppo industriale Regione Sicilia”.	Non si tratta di norme sulle APEA ma bensì di Consorzi che hanno/avevano il compito di favorire l’insediamento di aziende nel territorio delle varie Province Regionali.
SARDEGNA	- Legge Regionale n°10 del 25/07/08 “Riordino delle funzioni in materia di aree industriali”.	La Regione Sardegna prevede la realizzazione sul territorio, anche mediante sovvenzioni regionali, di insediamenti produttivi (PIP) all’interno dei quali devono essere previste misure per l’efficienza energetica, la riduzione degli impatti e la dotazione di infrastrutture.

4.3 Le aree ecologicamente attrezzate in Europa

Il concetto di area produttiva ecologicamente attrezzata, seppur con differente dizione, è presente anche a livello europeo, specialmente in Gran Bretagna.

L'agenzia Britannica governativa dell'ambiente, ha pubblicato nel 2008 una guida (Guide to Good Environmental Practise for trading Estates and Business Parks) come strumento dedicato alle piccole e medie imprese. Nel Regno Unito ci sono circa 1200 aree industriali e in molte di queste le condizioni energetico ambientali registrano notevoli criticità ed emergenze. La Guida, composta da una serie di schede, presenta principi facilmente applicabili e propone soluzioni di efficienza e miglioramento ambientale. Pur essendo rivolta principalmente alla singola azienda, analizza, propone e consiglia il coinvolgimento di tutte le persone e gli operatori coinvolti nelle attività di un'area industriale al fine di migliorare notevolmente le condizioni globali.

La guida contiene buone pratiche di gestione ambientale (rifiuti, acque, emissioni ...) in relazione a specifiche tematiche per offrire un supporto normativo per i vari settori individuati.

Sempre la stessa agenzia ha realizzato strumenti online di consultazione, integrativi alla guida, per diffondere le buone pratiche energetico-ambientali economicamente vantaggiose; oltre ad un Kit di indicazioni pratiche per prevenire criticità ambientali all'interno e nei dintorni di un sito produttivo di medie e piccole dimensioni.

La Direzione generale Imprese della Commissione Europea, in stretta collaborazione con un gruppo di esperti formato da rappresentanti governativi e da un rappresentante dell'associazione europea dell'artigianato e delle piccole e medie imprese, ha elaborato nel 2001 - 2002 una relazione di rendiconto su 24 casi studio di buone pratiche condotte in 13 paesi europei, cole ad incoraggiare l'adozione volontaria di sistemi di gestione ambientale (SGA).

La relazione è stata suddivisa secondo cinque macro azioni:

- 1) Modalità organizzative e sistemi di gestione ambientale;
- 2) Radicamento dei sistemi di gestione ambientale;
- 3) Azioni pilota di semplificazione della gestione ambientale;
- 4) Assistenza alle imprese che adottano sistemi di gestione ambientale.

La relazione depositata presso la Commissione Europea, ha permesso la creazione di un fondo economico per lo sviluppo dell'efficienza energetica e sistemi ambientali denominato Fondi Europei Strutturali Regionali, per finanziare azioni di efficientamento energetico delle aziende e l'accesso a sistemi di gestione ambientale.

4.4 La progettazione delle aree produttive ecologicamente attrezzate: le problematiche più ricorrenti

Affinchè l'insieme degli indirizzi e delle indicazioni di natura tecnica contenute nelle varie normative regionali o locali possano tradursi in interventi concreti, è necessario sostenere e facilitare percorsi di "declamazione" delle soluzioni urbanistiche, architettoniche ed energetiche, alle reali caratteristiche del territorio e alle potenzialità socio-economiche dello stesso.

Tali aspetti, nonché tale percorso, necessiterà dell'intervento coordinato dei vari stakeholder pubblici e privati, ognuno dei quali è portatore di specifiche risorse e interessi:

- Le Amministrazioni locali alle quali compete la relazione urbanistico/edilizio degli insediamenti produttivi;
- Altri soggetti pubblici, quali Regioni, Provincie e camere di Commercio interessate a diverso titolo a concorrere alla realizzazione delle aree anche mediante forme di incentivazione;
- I proprietari di suoli ed immobili, nonché le imprese di costruzione, talvolta unificati nella figura del Developer immobiliare o coincidenti con le imprese insediate (utente finale);
- Le imprese industriali, artigianali o commerciali destinatarie ed utilizzatrici finali degli insediamenti.

E' quindi necessario, specialmente nell'attuale momento di forte crisi economica e sociale, prefigurare percorsi operativi e modelli di intervento che consentano in maniera flessibile di integrare positivamente le convenienze e le aspettative dei vari operatori/attori.

Durante la ricerca, tramite l'osservazione di vari casi attualmente presenti, nonché dei casi di studio analizzati, non è possibile standardizzare i concetti o creare un modello unico di riferimento, bensì attraverso un processo di forte semplificazione, il modello di base o di riferimento può essere articolato per scenari di sviluppo tematici successivi.

E' quindi auspicabile un Concept Idea iniziale flessibile, aggiornabile ed incrementabile nel tempo sulla base di riscontri concreti nel campo.

Un altro aspetto, riscontrato ripetutamente nella ricerca, è individuare e comunicare ai potenziali fruitori la "convenienza" di natura economica, sociale, ambientale ed energetica al fine di poter coinvolgere l'operatore come soggetto attivo e permettendo di "vincere" la tradizione individualista che è sempre stata tipica del nostro ambiente.

La creazione di un'area ecologicamente attrezzata in Italia, in territori che non sono solamente vicino ai grandi centri industriali (Milano, Torino, Mestre), ma che possono rappresentare la maggior parte degli interventi diffusi, dovrà affrontare una serie di problematiche di base così riassumibili:

- 1) *Frammentazione degli attori*: proprietario, costruttore e attività insediate sono spesso soggetti diversi che operano in riferimento ad obiettivi, non solo economici, che sono spesso distanti tra loro;
- 2) *Frammentazione delle proprietà*: le dimensioni delle imprese insediate o potenzialmente interessate ad insediarsi, sono quasi sempre medio piccole e i singoli proprietari spesso non riescono o non hanno interesse nel creare strutture di governo dell'area;
- 3) *Mancanza di un settore produttivo prevalente*: nella composizione delle aree industriali e/o artigianali esistenti o future, hanno raramente settori produttivi prevalenti. Questo implica la mancanza di aspetti ambientali significativi a livello aggregato che coinvolgano, allo stesso modo, le attività presenti e che possano essere affrontati sia in sedi di progettazione che di gestione dell'area.
- 4) *Aspettative delle aziende*: le aziende solitamente attendono l'intervento di un soggetto erogatore di finanziamenti per l'attivazione di servizi ambientali e la diffusione di tecnologie innovative, mentre una gestione condivisa si presenta come un passaggio anche tecnico e metodologico e non esclusivamente economico. Dal confronto con varie aziende è emerso, inoltre, che le proprie possibilità di migliorare le prestazioni ambientali di un'area, siano limitate e che sia esclusivo compito e dovere degli enti pubblici provvedere a garantire le ottimali condizioni ambientali;

- 5) *Eredità ambientale*: il fine più ambizioso della gestione sostenibile delle aree produttive è quello di lasciare alla collettività un'eredità ambientale di buone pratiche, di soluzioni tecniche e di modelli di comportamento sostenibile. In molti ambiti si assiste alla forte difficoltà, da parte degli enti pubblici locali, a trasferire al proprio interno il bagaglio di esperienze raccolte sul proprio territorio.
- 6) *Quantificazione delle prestazioni ambientali*: pur disponendo di una notevole disponibilità di normative tecniche, legislative e ambientali locali, risulta difficile definire i livelli di prestazione ambientale, tali da poter caratterizzare un'area produttiva ad elevata qualità ecologica;
- 7) *Allocazione delle risorse*: a fronte di una natura variegata e frammentata delle aree produttive, la problematica rilevata risulta quella della ripartizione sia dei costi che dei benefici degli interventi di miglioramento ambientale, sia per i soggetti che intervengono nelle fasi di pianificazione e realizzazione dell'area, ma soprattutto nelle fasi di gestione.

4.5 La progettazione delle nuove aree produttive ecologicamente attrezzate

Dal punto di vista urbanistico, la pianificazione di nuovi insediamenti produttivi, è un aspetto sempre molto complesso, poiché da un lato garantisce il necessario sviluppo economico e soprattutto in un periodo “difficile” come quello attuale tenta di garantire il mantenimento del livello occupazionale (sostenibilità sociale), dall'altro la collettività ne teme tutte le possibili conseguenze, in termini di impatti ambientali o di rischi per la salute (sostenibilità ambientale).

L'approccio metodologico analizzato e studiato durante i tre anni del dottorato di ricerca per la progettazione delle APEA, mira a coniugare i vantaggi delle aree per insediamenti produttivi con la tutela ambientale, con le risorse antropiche e l'efficienza energetica negli usi finali.

Considerando lo stato di crisi economica e la parziale contrazione della domanda, la realizzazione di nuove aree industriali, sarà un processo numericamente e quantitativamente molto meno rilevante rispetto alla riqualificazione delle aree esistenti.

Le nuove aree produttive, anche per poter garantire le caratteristiche di aree produttive ecologicamente attrezzate, attraverso la dotazione di infrastrutture, servizi e sistemi idonei a garantire la tutela della salute e il risparmio energetico, avranno un rilievo sovra comunale. Tali aree dovrebbero riuscire a risultare un elemento qualificante del tessuto produttivo locale attraverso una fortissima caratterizzazione della sostenibilità ambientale, di integrazione urbanistica e paesaggistica, di efficienza energetica degli usi finali e anche in termini di competitività delle imprese stesse.

Ogni area industriale, sia per la realizzazione che per il funzionamento, genera inevitabilmente molteplici impatti negativi sull'ambiente “consumando energia e producendo rifiuti”. Le APEA devono essere progettate con il fine di ridurre l'impatto ambientale e diminuire il consumo di risorse soprattutto di quelle non rinnovabili.

Da un punto di vista urbanistico, le scelte del pianificatore dovranno mirare a ridurre la dispersione insediativa e ridurre il consumo di territorio con particolare riferimento alla salvaguardia del territorio agricolo.

La progettazione ottimale dei nuovi comparti, alle varie scale di intervento (urbanistico, architettonico, energetico) è importante, ma è altrettanto fondamentale la gestione di tali aree una volta messe a regime le

produzioni. Attraverso una strategica gestione, è possibile coniugare i vantaggi prestazionali ed economici che il territorio è in grado di offrire.

4.6 Riconversione di aree esistenti in aree produttive ecologicamente attrezzate

I comparti produttivi esistenti non sono ancora tenuti, da nessuna normativa, ad adeguarsi alla dotazione delle aree ecologicamente attrezzate. Da un punto di vista complessivo, come già precedentemente esposto, sono più numerose rispetto a quelle che saranno edificate ex novo. In entrambi i casi, le tematiche da affrontare rimangono le medesime, ovvero la mobilità in termini di merci e persone, la salvaguardia e tutela dell'ambiente (aria, acqua, suolo, rifiuti, inquinamento ...), l'efficienza energetica e la protezione dagli incidenti rilevanti.

Da un punto di vista metodologico, alcune operazioni all'interno dei comparti esistenti, sono più complicate e a volte non attuabili.

Altre operazioni, invece, lasciano sicuramente meno margini di incertezza rispetto ai nuovi insediamenti, ovvero operazioni come l'analisi delle necessità di approvvigionamento energetico, idrico, di produzione rifiuti o per la domanda in termini di mobilità e logistica.

Per altri tipi di intervento saranno possibili solo processi di razionalizzazione e/o riduzione dei consumi. Ad esempio la realizzazione di una rete di teleriscaldamento in un comparto esistente, pur garantendo un indubbio beneficio ambientale, è difficilmente attuabile poiché i costi dell'infrastruttura risulterebbe superiore rispetto ai risparmi energetici generabili. Un indubbio vantaggio che si presenta sulla riqualificazione di comparti esistenti è l'opportunità di essere realizzata per differenti stralci funzionali ed eventualmente affrontare una tematica per volta.

4.7 Bilancio energetico dell'area produttiva

L'analisi dei flussi energetici nelle aree industriali, è influenzata da una serie di fattori che ne determinano la difficoltà a reperire informazioni sulla strutturazione della domanda delle varie fonti di energia ed in particolare:

- La forte evoluzione e i mutamenti dell'assetto produttivo sia in relazione alle tecnologie impiegate, sia in relazione alle condizioni di mercato;
- Impiego di energia anche in cicli produttivi che, al variare delle tecnologie, possano modificare la domanda anche in tempi rapidi;
- L'impossibilità pratica a definire degli indicatori del tipo di consumo/superficie o consumo/addetto;
- I forti mutamenti che la mobilità di merci e addetti ha sull'area e nel territorio contermini

In una politica e pianificazione del riequilibrio ambientale o riduzione degli impatti, l'industria e l'area produttiva, dal punto di vista energetico, possono essere viste come l'occasione per sfruttare meglio le risorse energetiche. Capita per alcune attività che il calore non utilizzabile ai fini della produzione, possa essere utilizzato per usi termici che richiedono livelli entalpici più contenuti.

Anche l'analisi dei flussi energetici delle aziende, può essere impostata ricorrendo ai consumi specifici per ciascuna classe; nella tabella a seguito indicata si riportano alcuni dati statistici ricavati da uno studio condotto dall'IRER sulla struttura industriale lombarda.

Classe di cons.	Classi di attività	consumi		addetti		Tep/add
		Tep/anno	%	Num.	%	
A L T O	Industria petrolifera Lav. minerali non metalliferi Industria chimica Produtz. fibre artificiali Produtz. e prima trasf. Metalli Ind. della carta, stampa, editoria	1.550.284	75,8	40.182	30,1	38,58
M E D I O	Bevande zucchero,tabacco Tessili Gomma e articoli in plastica Legno e mobili in legno Alimentari di base Pelli e cuoio Autoveicoli, carrozzerie	364.122	17,8	45.049	33,7	8,08
B A S S O	Costruz. Prodotti in metallo Costr. macchine e mat. Mecc. Costr.imp. elettrici ed elettronici Costr. Altri mezzi di trasporto Costr. Strumenti di precisione Costr.macchine per ufficio Industrie manifatturiere diverse Calz. Abbigliamento, bianch.	130.135	6,4	48.045	36,2	2,69
	Totale	2.044.541	100	133.636	100	15,30

Tabella 1: Classi di attività ad alto, medio e basso consumo globale di energia (Fonte: IRER 85 da indagine su campione)

	Classe di attività	Elett.%	Metano %	Olio comb. %	Gasolio %	Altro %	Tot.
14	Industria petrolifera	1,21	-	57,81	-	40,98	100
22	Produzione e prima trasformazione metalli	31,44	58,46	8,97	0,99	0,14	100
24	Lavorazione minerali non metalliferi	8,88	36,90	13,39	0,09	40,74	100
25	Industrie chimiche	10,11	19,28	70,38	0,21	0,02	100
26	Produzione fibre artificiali e sintetiche	8,85	52,89	36,10	2,16	-	100
31	Costruzione prodotti in metallo	17,94	32,78	32,85	1,35	15,08	100
32	Costr. e install. Macchine e mat. meccanico	26,90	44,86	24,88	3,32	0,03	100
33	Costr. e install. Macchine per ufficio	60,28	29,11	-	10,61	-	100
34	Costr.e install. Mat. Elettrico ed elettronico	25,66	30,04	37,86	3,09	3,35	100
35	Costruzione e montaggio autoveicoli	12,29	30,58	57,10	0,03	-	100
36	Costruzione altri mezzi di trasporto	24,64	3,19	65,81	5,02	1,35	100
37	Strum. e app. di precisione chir. Ottici, orolog.	19,27	26,56	44,09	-	-	100
41	Industria alimentare di base	16,94	38,73	38,46	2,70	3,16	100
42	Zucchero, bevande, tabacco	9,24	59,45	31,08	0,24	-	100
43	Industrie tessili	14,72	54,93	29,73	0,31	0,31	100
44	Industrie delle pelli e del cuoio	15,55	84,44	-	-	-	100
45	Calzature, abbigliamento e biancheria	28,32	18,00	47,44	5,97	-	100
46	Industrie del legno e mobili in legno	19,91	28,68	42,14	2,63	16,63	100
47	Industria della carata, stampa, editoria	14,96	6,70	76,49	1,53	0,32	100
48	Gomma e materie plastiche	24,24	41,12	32,21	2,42	-	100
49	Industrie manifatturiere diverse	31,32	16,30	46,71	15,64	-	100
	Totale	14,07	31,37	43,13	0,70	10,74	100

Tabella 2: Ripartizione del consumo di energia per classe di attività e per fonte (Fonte: IRER da indagine a campione in Lombardia)

	Classe di attività	Consumi termici %	Consumi elettrici %	note
14	Industria petrolifera	89,96	10,4	Classi aventi consumi > del 70% dei consumi elettrici
24	Lavorazione minerali non metalliferi	71,3	28,7	
25	Industrie chimiche	70,6	29,4	
44	Industrie delle pelli e del cuoio	62,3	37,7	Classi aventi consumi termici tra il 50% e il 70% dei consumi globali
46	Industrie del legno e mobili in legno	59,6	40,4	
41	Industria alimentare di base	58,4	41,6	
42	Zuccheri, bevande tabacco	51,8	48,2	
31	Costruzione prodotti in metallo	51,6	48,4	
49	Industrie manifatturiere diverse	48,6	51,4	Classi aventi consumi termici tra il 30% e il 50% dei consumi globali
36	Costruzione altri mezzi di trasporto	46,7	53,3	
33	Costr. install. Macchine per ufficio, elaboratori	46,6	53,4	
43	Industrie tessili	45,9	54,1	
47	Industria della carta, stampa, editoria	44,9	55,1	
34	Costr. install. Mat. Elettrico, elettronico	42,7	57,3	
45	Calzature, abbigliamento, biancheria	41,6	58,4	
35	Costruzione e montaggio autoveicoli	39,7	60,3	
26	Produzione fibre artificiali e sintetiche	37,0	63,0	
48	Gomma e manufatti in materie plastiche	30,3	69,7	
32	Costr. e install. Macchine e materiale meccanico	28,6	71,4	Classi aventi consumi termici inferiori al 30% dei consumi globali
37	Strum. e app. di precisione, chirurgici, ottici, orol.	20,1	79,9	
22	Prod. e prima trasformazione metalli	17,2	82,8	

Tabella 3: Suddivisione percentuale dei consumi industriali di energia per uso finale (Fonte IRER 85 su campione lombardo)

	Classe di attività	Consumi per processo %	Consumi per servizio %	note
26	Fibre artificiali e sintetiche	99,5	0,5	Classi aventi consumi per processo superiori al 90% dei consumi globali
14	Industria petrolifera	99,3	0,7	
24	Lavorazione minerali non metalliferi	99,0	1,0	
22	Prod. e prima trasformaz. Metalli	98,9	1,1	
31	Costruzione prodotti in metallo	89,5	10,5	Classi aventi consumi per processo tra l'80% e il 90% dei consumi globali
42	Zuccheri, bevande, tabacco	88,0	12,0	
35	Costruzione e montaggio autoveicoli	87,9	12,1	
41	Industria alimentare di base	86,7	13,3	
46	Industrie del legno e mobili in legno	85,6	14,4	
25	Industrie chimiche	84,4	16,6	
43	Industrie tessili	83,9	16,1	
47	Industria della carta, stampa ed editoria	82,9	17,1	
48	Gomma e manufatti in materie plastiche	80,6	19,4	Classi aventi consumi per processo tra il 60% e l'80% dei consumi globali
44	Industrie delle pelli e del cuoio	78,1	21,9	
37	Strum. e app. di precisione, chirurgici, ottici, orol.	69,5	30,5	
32	Costr. e install. Meccaniche e mat. Meccanici	68,5	31,5	
34	Costr. install. Mat. Elettrico – elettronico	66,8	33,2	Classi aventi consumi per processo inferiori al 60% dei consumi globali
49	Industrie manifatturiere diverse	59,1	40,9	
45	Calzature, abbigliamento, biancheria	56,1	43,9	
33	Costr. install. Macchine per ufficio, elab.	50,6	49,4	
36	Costruzione altri mezzi di trasporto	49,4	50,6	

Tabella 4: Suddivisione percentuale del consumo industriale di energia ripartiti tra consumi di processo e consumi per servizi (Fonte: IRER 85 su campione industrie lombarde)

La quasi totalità dell'energia consumata dall'industria è attinente al processo. Si può stimare mediamente che gli altri usi, che comprendono la climatizzazione degli ambienti, la produzione di acqua calda sanitaria e l'illuminazione, assorbano meno del 10% dell'energia totale consumata.

Sempre nell'area produttiva, quota parte dei consumi energetici, deriva dai trasporti di merci e addetti. Si tratta quasi sempre di un consumo indotto dall'attività produttiva. In particolare il consumo energetico dei veicoli degli addetti, segue il percorso casa – lavoro “uscendo” spazialmente dai confini dell'area oggetto di studio.

Altri usi energetici degni di importanza sono rappresentati dai consumi elettrici per l'illuminazione pubblica degli spazi comuni e la raccolta dei rifiuti.

4.8 Soluzioni “passive” per il risparmio energetico

Attraverso un attento controllo di tutte le fasi progettuali, che iniziano dal momento della decisione da parte di un amministratore di utilizzare una porzione di territorio ai fini produttivi, e passando dalla progettazione del piano urbanistico attuativo, si giunge alla definizione dei manufatti con destinazione artigianale/industriale e terziaria; è possibile iniziare a progettare l'efficienza ottimizzando le soluzioni “passive”, per la captazione e l'accumulo di energia solare, nonché le soluzioni “attive” finalizzate alla produzione e all'uso razionale dell'energia, nel rispetto dell'ambiente.

Se il processo ideativo e realizzativo fin dall'inizio è orientato ad obiettivi di qualità in termini energetici e ambientali e quindi “sostenibili”, esistono varie possibilità di intervento a varie scale progettuali.

Se invece si interviene in aree esistenti dove la scelta della localizzazione e lo schema plani volumetrico sono modificabili, l'attenzione è rivolta a interventi di mitigazione degli impatti (paesaggistici, acustici, ecc) integrazione o razionalizzazione delle reti esistenti ed interventi di recupero edilizio dei manufatti a “fini energetici”.

Alla scala urbana, i criteri bioclimatici utilizzabili sono mutuabili dagli insediamenti residenziali e possono essere sintetizzati come “il diritto al sole” questo comporta lo studio di un rapporto adeguato fra le distanze minime tra gli edifici e le rispettive altezze, al fine di evitare le ombre riportate, ed una corretta schermatura dei fronti esposti⁹ per evitare l'eccessivo irraggiamento estivo.

Il concetto di mutuare le caratteristiche dell'architettura bioclimatica del settore residenziale, non è sempre ammissibile o corretto in quanto:

- Le aree produttive sono destinate a contenere manufatti specialistici legati alle diverse produzioni, con distribuzioni dei locali molto differenziate, necessità di un microclima interno variabile così come la presenza del personale che potrebbe essere pressoché nullo nel caso di processi produttivi ad elevata automazione;
- In alcuni casi la quota degli edifici presenti nelle aree, può essere destinata solo a magazzini, talvolta con necessità di refrigerazione, dove l'esposizione al sole, può risultare influente ai fini del contenimento energetico dei consumi o addirittura dannosa;
- Nelle aree produttive può essere presente una quota rilevante di attività terziaria, con uffici o funzioni energeticamente simili alle residenze, salvo che per gli usi notturni.

Lo scenario è quindi complesso, composto di luoghi di lavoro assolutamente differenti e spesso volte differenti dalla realtà residenziale. A tale aspetto si aggiunge, specialmente per le nuove aree, in sede di progettazione urbanistica, se non con un'ampia approssimazione, prevedere la tipologia di aziende che si andranno ad insediare.

4.9 La progettazione edilizia di elevata qualità energetica

Il manufatto ad uso industriale deve, in primo luogo, soddisfare requisiti di funzionalità ed efficienza del processo produttivo. Il ciclo di vita utile di un edificio industriale è sicuramente medio-breve (le valutazioni economiche sono stimate in un periodo temporale di 33 anni) specialmente se rapportato al settore residenziale.

Il tema del risparmio energetico degli edifici è alla base del D.Lgs 192/2005 delle sue modifiche e caratterizzazioni regionali. Il recepimento della direttiva 2010/31/UE e della direttiva 2009/28/Ce rappresentano un ulteriore passaggio innovativo rispetto alla rivoluzione avviata dal D.Lgs 192/2005 rispetto alla L 10/91.

Dal punto di vista tecnico, per attuare una buona progettazione energetica, sono necessarie tre azioni da compiere:

- Necessità di individuare un parametro energetico globale (kwh/mc anno) indicativo della quantità di energia primaria annua, per soddisfare i bisogni connessi all'uso standard dell'edificio (attualmente climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria)
- Definizione per il patrimonio edilizio esistente da ristrutturare, di una serie di parametri per definire parametri globali dell'esistente, in funzione delle differenti tipologie;
- Individuazione di idonee soluzioni legate alla coibentazione termica specialmente della copertura, per aumentare l'inerzia e lo sfasamento in estate.

Secondo la normativa della Regione Emilia Romagna (D.A.L. 156/08 e smi) è necessario garantire al sistema edificio-impianto, un idoneo "apporto di rinnovabili" oltre che sistemi domotici per la "gestione termica" dell'immobile in condizioni di regime.

4.10 Integrazione paesaggistica

Ogni nuova area industriale, se non interviene su una precedentemente dismessa, altera negativamente l'impatto paesaggistico. È necessario che l'area non interferisca con gli elementi antropici e naturali del paesaggio quando la realizzazione avviene al di fuori del territorio urbanizzato, anche nel caso di realizzazione in contesti limitrofi ai centri abitati, si dovrà limitare la percezione negativa dell'area rispetto ai comparti realizzati, soprattutto con differenti destinazioni. Poiché stiamo considerando aree che dovranno assumere i connotati di aree ecologicamente attrezzate, si ritiene importante che proprio in tali luoghi le aree verdi previste come standard urbanistici, cerchino di assumere una qualità superiore rispetto alle aree tradizionali. All'interno delle aree produttive si dovrà cercare, laddove possibile, di realizzare i cosiddetti corridoi ecologici, per facilitare le opere di manutenzione o le possibili implementazioni impiantistiche per le forniture e i servizi.

Oltre a cercare un alto livello di integrazione paesaggistica, l'area deve cercare di garantire anche standard di qualità elevata in termini di aree verdi a fruizione degli utilizzatori dell'area, a fini ricreativi e sociali, laddove ne sia possibile un reale utilizzo.

Il verde utilizzato come filtro visivo, può essere anche verde in fruizione/funzionale. Infatti, le alberature possono avere funzione di protezione dai venti invernali dominanti, possono attenuare il surriscaldamento

estivo senza compromettere l'apporto energetico gratuito durante il periodo invernale (scelta di alberature caducifoglie da sistemare lungo le superfici maggiormente vetrate degli edifici), possono attenuare il livelli dei rumori (proteggendo sia il contesto di riferimento dai rumori dell'area, ma in alcuni casi possono attenuare i rumori che giungono dall'esterno, come in presenza di infrastrutture rumorose quali autostrade, ferrovie, ecc per garantire un buon clima acustico all'interno dell'area produttiva). Inoltre, le superfici a verde garantiscono sempre la permeabilità del suolo.

D'altro canto, però, una dotazione rilevante di aree verdi, comporta notevoli spese di gestione, soprattutto se non se ne tiene conto durante la fase preliminare ovvero la progettazione. Una progettazione che tenga conto non solo del risultato estetico, ma anche della gestione e funzionalità, parte da un'attenta valutazione e analisi del sito. Si ritiene utile privilegiare le essenze autoctone, ma solo attraverso l'impiego di svariate essenze, è possibile garantirsi maggiormente dagli attacchi parassitari, oltre a raggiungere un risultato stilistico più elevato. La scelta delle essenze da impiegare, inoltre, può essere fatta attraverso criteri che prediligano lo scarso apporto idrico ed uno scarso grado di manutenzione.

5

Quinto Capitolo

PROGETTAZIONE E DIAGNOSI DI EDIFICI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

5.1 Introduzione

Il settore dell'edilizia assorbe la maggiore quota dei consumi energetici del pianeta, una percentuale che tende a crescere. Questo è il motivo per cui l'attenzione nei confronti di questo comparto è molto elevata. Il rischio di un'evoluzione catastrofica del cambiamento del clima, le tensioni sul fronte degli approvvigionamenti petroliferi, il nucleare sotto accusa dopo l'incidente di Fukushima sono infatti tutti elementi che impongono di accelerare una transizione energetica che inevitabilmente coinvolge anche il mondo delle costruzioni.

In effetti, stiamo assistendo a cambiamenti impensabili fino a poco tempo fa. Il settore più investito dalle trasformazioni è quello della produzione dell'energia. La metà di tutta la potenza elettrica installata in Europa tra il 2000 e il 2010 è legata alle fonti rinnovabili. L'elettricità derivante dalle centrali nucleari entrate in funzione nell'ultimo quinquennio nell'intero pianeta è tre volte inferiore rispetto a quella generata dai nuovi impianti solari ed eolici. La catastrofe giapponese accentuerà la crisi del paradigma dominante del secolo scorso basato sulla generazione centralizzata dell'elettricità. In Italia sono già 200.000 gli impianti che utilizzano le fonti rinnovabili. In Germania più di un milione. E la maggior parte dei sistemi fotovoltaici sono stati installati sugli edifici che diventano sedi di flussi bidirezionali dell'energia. La resilienza del sistema tende così ad aumentare, grazie anche alla progressiva diffusione di smart grids che introducono maggior intelligenza nel governo della rete.

Se il comparto della generazione dell'energia elettrica è avviato da oltre un decennio a una profonda trasformazione, i prossimi segmenti a essere investiti dal cambiamento saranno quelli della mobilità e dell'edilizia. Nel trasporto, lo sforzo innovativo si sta concentrando sulla progettazione di nuovi veicoli sempre più efficienti, mentre emergerà una riflessione su un modo diverso e più sostenibile di governare la mobilità, in particolare nelle aree urbane. La rapida obsolescenza dei veicoli tende ovviamente a polarizzare l'attenzione sui modelli del futuro e non sulla flotta esistente.

L'altro settore che subirà cambiamenti significativi è quello delle costruzioni. In questo caso però la situazione è molto diversa. La quota della nuova edilizia è infatti limitata, con una crescita annua dell'1-2% del patrimonio esistente. Ciononostante si tratta di un segmento importante perché si tratta di numeri

che, proiettati nel tempo, diventano elevati. Pensiamo, per esempio, all'obiettivo dei paesi industrializzati di ridurre dell'80% le emissioni climalteranti entro il 2050. Per raggiungere questi ambiziosi tagli, il contributo alle emissioni della nuova edilizia dei prossimi quarant'anni dovrà essere minimo. Questa motivazione ha plasmato le recenti normative adottate in Europa e in California, che puntano a incidere sulle modalità costruttive nel corso di questo decennio in modo da arrivare dopo il 2020 a consumi della nuova edilizia pari o vicini a zero. Ma contemporaneamente si dovranno ridurre significativamente i consumi energetici del patrimonio esistente, ragione per cui occorre pensare nei prossimi due – tre decenni ad un grande processo di trasformazione della nostra edilizia. Naturalmente, per ottenere questi risultati vanno predisposti strumenti adeguati. Per quanto riguarda la nuova edilizia, risulta fondamentale il ruolo di normative che prevedano l'introduzione di limiti sempre più rigidi sulle prestazioni energetiche. Per far evolvere il mercato, alle leggi si possono accompagnare sollecitazioni che fanno leva direttamente sui cittadini, sui compratori, sugli inquilini. E' successo così in altri comparti.

Clamorosa l'evoluzione delle vendite degli elettrodomestici. I frigoriferi di classe A o A+, A++, cioè i modelli più efficienti, sono passati nell'ultimo decennio da una presenza marginale alla quasi totalità delle vendite grazie all'introduzione dell'etichetta energetica. Nel caso degli edifici, gli audit energetici e la certificazione possono svolgere lo stesso ruolo di stimolo facendo evolvere le caratteristiche energetico – ambientali al di là degli standard previsti dalle normative.

Poi c'è il grande tema dell'edilizia esistente. Per indirizzare la riqualificazione energetica dell'attuale parco, in buona parte con caratteristiche scadenti, sono molto efficaci misure di incentivazione come le detrazioni fiscali del 55%, che hanno consentito in Italia di realizzare circa 800.000 interventi. Anche in questo caso però, audit e certificazione possono accelerare e stimolare comportamenti virtuosi. Il prezzo sul mercato di un appartamento di classe energetica elevata può compensare gli investimenti di riqualificazione effettuati.

Finora abbiamo parlato dei consumi energetici e delle emissioni di anidride carbonica. In realtà, da tempo è cresciuta la sensibilità per un approccio ambientale più complessivo che tenga conto dei vari impatti legati alla costruzione, alla gestione di un edificio e al comfort degli inquilini. Le certificazioni energetico-ambientali rispondono a questa esigenza, svolgendo un ruolo di accompagnamento

e di stimolo nel miglioramento delle prestazioni. Sono diverse le metodologie proposte nel mondo e alcune di queste stanno ottenendo notevoli successi.

L'energy audit degli edifici è lo strumento più efficace per promuovere in modo concreto azioni di riqualificazione energetica sul patrimonio edilizio esistente, che è mediamente caratterizzato da notevoli inefficienze e quindi da sprechi di energia che si possono e si devono evitare.

L'evoluzione legislativa e normativa di questi ultimi anni ha incrementato notevolmente le prestazioni energetiche dei nuovi edifici, evidenziando ancora di più le differenze tra i nuovi edifici e ciò che già esiste. Il percorso verso una sempre maggiore efficienza sembra inarrestabile: la Direttiva Europea, la 31 del 2010, prevede infatti che a partire dal 2020 tutti i nuovi edifici dovranno essere a energia quasi zero, quindi molto efficienti (l'applicazione delle nuove regole viene anticipata di due anni per gli edifici pubblici).

Anche negli Stati Uniti si stanno promuovendo politiche energetiche che vanno nella stessa direzione e i segnali sono già evidenti, visto che anche in questo contesto aumenta sempre di più il numero di edifici a energia zero e l'efficienza energetica si conferma il driver del nuovo mercato edilizio. Un driver finalizzato non solo a risolvere l'emergenza, ossia a ridurre l'impatto ambientale del settore edilizio che consuma tanta energia, ma anche a promuovere uno dei principali pilastri della green economy.

Intervenire sul patrimonio edilizio esistente, almeno nelle situazioni in cui sia opportuno conservare l'edificio evitando quindi una sua dismissione, è una necessità vera che prescinde dalle regole a volte imposte dai nuovi riferimenti legislativi che spingono in questa direzione. E' il mercato che chiede una sempre maggiore attenzione, perché solo attraverso quelle che vengono chiamate "azioni di retrofit" si possono raggiungere due obiettivi: la riduzione drastica dei consumi energetici, quindi delle spese di gestione e l'impatto sull'ambiente, e la valorizzazione dell'immobile intesa come incremento del suo valore di mercato.

5.2 Approccio metodologico alla valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici

Durante il triennio del dottorato in ricerca, ho preso in esame varie metodologie di valutazione della prestazione energetica degli edifici, sia nell'ottica di analizzare e

proporre modelli di studio per edifici a basso impatto ambientale, sia per analizzare e trattare i consumi reali degli edifici.

I metodi ed i parametri a seguito indicati ed analizzati individuano, quale parametro di riferimento per la verifica dei requisiti, l'indice di prestazione energetica EP. Essa esprime la quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede/stima possa essere necessaria per soddisfare i bisogni connessi all'edificio, rispetto ad un parametro geometrico che caratterizza l'edificio stesso.

$$EP = \frac{Q}{su} \text{ oppure } EP = \frac{Q}{VLR}$$

Tale indice è un parametro energetico che permette una rapida individuazione di un comportamento se associato alla certificazione energetica di una determinata classe energetica, ma non direttamente dell'effettivo fabbisogno di energia. Si deve infatti distinguere tale indice per l'obiettivo dell'analisi svolta: se l'indice EP descrive un comportamento standardizzato, così come previsto dalla normativa cogente, esso è frutto di un bilancio energetico in particolari condizioni d'uso e di clima che tiene conto del combustibile in termini di conversione di energia primaria. Esso rappresenta un valore che permette un confronto di mercato da edifici che "consumano energia" che difficilmente avrà un riscontro reale (certificazione energetica). Se questo indice descrive un comportamento reale, cioè ottenuto dal consumo "quotidiano" esso rappresenta e contiene, non solo il comportamento dell'edificio, ma anche quello dell'utenza con conseguente difficoltà e scarso significato nel porlo a confronto con altri indici (diagnosi energetica)

L'indice di prestazione energetica è detto globale ($EP_{gl.}$) se tiene conto:

- 1) Dell'indice di prestazione per la climatizzazione invernale (EP_i)
- 2) Dell'indice di prestazione per la climatizzazione estiva (EP_e)
- 3) Dell'indice di prestazione per la produzione di acqua calda sanitaria (EP_{acs})
- 4) Dell'indice di prestazione per la forza motrice elettrica e l'illuminazione (EP_{ill})

Pertanto da formulazione matematica l'indice di prestazione energetica complessiva è così definibile:

$$EP_{TOT} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

Al fine di poter valutare i parametri energetici degli edifici, si fa riferimento alla legislazione nazionale (D.Lgs 192/05 e smi) e regionale (D.A.L. – RER n. 156/08 e smi) per definire le norme tecniche e i parametri per i vari indici parziali.

5.3 La certificazione energetica e la determinazione della prestazione energetica standardizzata degli edifici

La normativa cogente impone che, per tutti gli edifici oggetto di trasformazione edilizia, in cui vengono variate le caratteristiche del sistema involucro-destinazione – impianto; nonché in casi di atti notarili a titolo oneroso o di locazioni, di determinare la prestazione energetica degli edifici in regime continuo standardizzato e eventualmente di caratterizzare lo stesso secondo una classe energetica che permetta una facile e rapida individuazione degli “edifici più virtuosi”.

Le direttive comunitarie EPBD (Energy Performance Building Directive), ossia la 2002/91/CE e la più recente 2010/31/UE impongono a tutti gli stati membri di dotare gli edifici di certificato energetico che ne descriva il comportamento totale (EP_{gt}). Con tali direttive la comunità europea ha sia dato mandato al Comitato Europeo di Normazione (CEN) di definire le norme tecniche applicative, sia di recepire ed attuare sia le norme cogenti che le norme tecniche in ogni stato membro.

I decreti nazionali di recepimento ed attuazione di tali normative europee (D. Lgs 192/2005 e 311/06 e smi), nonché quelli regionali (Delibera Assemblea Legislativa n. 156/08 e smi) pur riconoscendo l'importanza di avere una caratterizzazione globale della prestazione energetica, normano unicamente gli indici parziali per la climatizzazione invernale e l'acqua calda sanitaria (solo 6 regioni/province autonome), mentre per il raffrescamento è prevista una valutazione quantitativa sull'energia utile ideale dell'involucro. Tali valutazioni sono da condurre sia in fase progettuale che in fase di certificazione energetica.

Al fine di garantire sia la replicabilità che l'attuazione delle norme europee, sono disponibili e cogenti, diverse metodologie di reperimento e successive elaborazioni dei dati, metodologie contenute e previste dalla norma UNI EN 15603:

- Design rating = metodologia di valutazione delle prestazioni energetiche di un edificio nella fase di progettazione della "sua efficienza energetica, ipotizzando il clima e il suo funzionamento standardizzato,
- Standard rating = valutazione dell'edificio reale in condizioni di funzionamento continuo,
- Taylored rating = valutazione dell'edificio in condizioni effettive di utilizzo anche rispetto al clima reale registrato,
- Operational rating = valutazione standardizzata in condizioni di esercizio.

La normativa vigente a questo punto traduce in differenti modalità la valutazione energetica degli edifici. Il D.Lgs 192/2005, il DPR 59/09 e la D.A.L. 156/08 inquadrano il problema della progettazione standardizzata dell'efficienza energetica.

Il DM 26/06/09 e la parte della delibera 156/08 trattano il problema della certificazione energetica degli edifici. Infine, il D. Lgs 115/08 in attuazione e recepimento della direttiva 2006/32/CE tratta del "problema" della diagnosi energetica.

Ritornando agli aspetti contenuti nella norma EN 15603 i concetti di metodologia di calcolo della prestazione energetica sono stati così tradotti dalle leggi cogenti:

ATTIVITA'	METODOLOGIA EN 15603	METODOLOGIA ITALIANA
Progettazione dell'efficienza energetica	Design Rating	Metodo di calcolo di progetto standardizzato
Certificazione energetica	Asset rating	Metodo di calcolo in regime standardizzato

	Operational Rating	Metodologie di calcolo da rilievo
Diagnosi energetica	Taylorred Rating	-----

La metodologia di calcolo standardizzato o di progetto standardizzato prevedono la determinazione della prestazione energetica a partire dalla perfetta conoscenza dei dati di ingresso del progetto o dell'edificio (materiali, spessori, impianti, ecc) e del come l'involucro e le dotazioni impiantistiche sono state o saranno realizzate. Tale metodologia fa riferimento al pacchetto di norme UNI TS 11300 per la realizzazione del bilancio energetico.

La metodologia di calcolo da rilievo dell'edificio che prevede la reale presenza di un edificio anche già fruito dall'utenza, rappresentano un sistema per il reperimento dei dati di input che non sono nati al fine di poter comunque redigere in osservanza con il pacchetto di norme UNI TS 11300 il bilancio energetico. Questo metodo consta di possibili "azioni":

- 1) Mediante procedura di rilievo, anche strumentale e/o diagnostica sia sull'involucro che sui dispositivi impiantistici,
- 2) Per analogia costruttiva con altri edifici e sistemi impiantistici coevi integrati da banche dati o abachi nazionali,
- 3) Sulla base dei consumi energetici reali attraverso il procedimento della firma energetica,
- 4) Con metodologia semplificata ossia un metodo che "semplifica" l'equazione del bilancio energetico al fine di minimizzare la ricerca dei dati e l'elaborazione numerica conseguente.

5.4 La diagnosi energetica degli edifici

Il reale fabbisogno energetico degli edifici tiene conto sia delle sollecitazioni climatiche reali, ma anche delle reali condizioni d'uso. Difficilmente il reale fabbisogno è preventivabile in quanto i fattori in gioco hanno un elevato grado di aleatorietà, ma risulta più facilmente determinabile il comportamento reale "storico" dell'edificio. Tale analisi prende il nome di diagnosi energetica.

La direttiva europea 2006/32/CE, relativa agli usi finali dell'energia, impone ai vari stati membri una diagnosi energetica al parco immobiliare esistente al fine di analizzare le possibili soluzioni volte alla riduzione dei fabbisogni energetici finali. Trattandosi di una valutazione costruita appositamente sull'immobile, non esiste una metodologia univoca e codificata e nemmeno le norme cogenti individuano un metodo. In generale i consumi storici in relazione ai dati climatici reali e alle dimensioni dell'immobile, sono i pochi elementi che permettono una diagnosi basilare dell'unità immobiliare. Diagnosi e certificazione energetica sono analisi energetiche dell'immobile che hanno scopi e risultati differenti e non è possibile "interscambiarsi" come frequentemente succede. Un edificio che viene progettato e certificato in classe energetica A+ che rappresenta un immobile molto virtuoso e a basso consumo, se gestito "male" e le condizioni climatiche risultano peggiori rispetto a quelle contenute nella norma UNI 10349, lo stesso immobile potrebbe registrare fabbisogni energetici reali molto elevati, "degni di un fabbricato il classe G".

Un altro aspetto che differenzia le due metodologie di valutazione è anche, come meglio verrà affrontato nel paragrafo successivo, il regime di funzionamento e quello di analisi.

Nella tabella sotto indicata si evidenziano le differenze tra diagnosi e certificazione:

PARAMETRO	CERTIFICAZIONE	DIAGNOSI
Clima	Standardizzato UNI 10349	Reale da centraline monitoraggio ambientale
Caratteristiche dell'edificio	Reali	reali
Condizioni/modi d'uso	Standardizzato UNI TS 11300; UNI 10339...	reali
Regime di funzionamento degli impianti	Continuo	reale
Regime di calcolo della prestazione	Quasi stazionario	Reale (dinamico)

Metodologia di determinazione della prestazione energetica	Standardizzato UNI TS 11300	Non definita a priori
--	-----------------------------	-----------------------

5.5 Il regime di calcolo della prestazione energetica standardizzata degli edifici

Le norme cogenti italiane (D.Lgs 192/05 e smi; DAL 156/08 e smi) non definiscono nel loro impalcato normativo a priori il regime di calcolo della prestazione energetica, anche se nel DPR59/09 viene prescritta l'analisi energetica di edifici commerciali e terziari di volume superiore a 10.000 mc in regime dinamico. Il richiamo alla norma tecnica UNI TS 11300, la quale a sua volta rappresenta il recepimento italiano della norma EN 13790, rappresenta comunque la scelta normativa di optare per un regime di calcolo quasi stazionario, imponendo inoltre il calcolo della prestazione energetica su media mensile. Tale scelta risulta tuttavia, seppur il risultato si discosti notevolmente dalla realtà, un'evoluzione delle precedenti norme tecniche che "ragionavano" nell'ottica della media stagionale (UNI 7357)

Un'ulteriore scelta della norma tecnica è quella di redigere il bilancio energetico in regime di funzionamento continuo. Se tale scelta risulta contrastante con le imposizioni del DPR 412/93, che prevedono al massimo un regime di funzionamento continuo con attenuazione notturna (questo significa per la zona climatica E 14 ore di accensione e 10 di spegnimento), tale scelta permette di non contabilizzare i transitori termici sovrastimando il fabbisogno giornaliero.

5.6 Il bilancio energetico previsto dalle norme UNI TS 11300

Per quanto riguarda la metodologia per la determinazione del bilancio energetico dell'edificio in regime quasi stazionario, è necessario, per la sola climatizzazione invernale, estiva e produzione di acqua calda sanitaria, far riferimento alla serie di norme UNI TS 11300. Tale gruppo di norme constano di quattro parti:

- 1) UNI TS 11300 -1 determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale ed estiva;

- 2) UNI TS 11300 – 2 determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- 3) UNI TS 11300 – 3 determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva (in aggiornamento);
- 4) UNI TS 11300 – 4 utilizzo delle energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria (in elaborazione post inchiesta pubblica)

Di tali norme solamente la parte 1 e 2 sono oggi disponibili per la determinazione della prestazione energetica, nonostante siano in corso di aggiornamento essendo terminato il loro periodo di validità (3 anni dal 2008 anno di pubblicazione definitiva)

In particolare con la norma UNI TS 11300 – 1 è possibile calcolare il fabbisogno di energia termica utile di involucro nelle condizioni estive ed invernali. Con la UNI TS 11300 – 2 è possibile determinare il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria con sistemi di produzione “tradizionali” ossia caldaie a combustibili solidi o boiler elettrici.

L'utilizzo sempre più massiccio di impianti alimentati da energie alternative ed assimilabili, necessitano della validazione dei contenuti della UNI TS 11300- 4 che attualmente è in corso di elaborazione a seguito dell'inchiesta pubblica di agosto-settembre 2011. Allo stato attuale i rendimenti delle macchine alimentate a fonti rinnovabili sono da elaborare con le norme europee ed in particolare con la serie UNI EN 15316.

Chiarito l'approccio metodologico impiegato per l'adozione del modello di calcolo standardizzato, le sezioni seguenti descriveranno nel dettaglio i parametri per la definizione dei modelli energetico-ambientali di case sostenibili e della casa passiva mediterranea, nonché un'analisi e una valutazione di alcune criticità rilevate nell'analisi delle norme tecniche attualmente in vigore.

5.7 ANALISI DELLA NORMA UNI TS 11300 – 1: la determinazione del fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale ed estiva

Per compiere un'analisi accurata del comportamento fisico di un edificio, è necessario analizzare in primo luogo i vari ambienti termici di cui lo stesso è composto. L'analisi dei vari flussi termici che questo ambiente scambia con l'esterno e con altri ambienti contigui, permettono di stabilire il bilancio energetico dell'ambiente privo di sistemi di termica. La discretizzazione spinta di un immobile rispetto agli ambienti che lo compongono, permette un'analisi molto dettagliata del fabbisogno complessivo dell'immobile oggetto di valutazione, ma anche una complessità evidente nel reperire e trattare tutti i dati. Un'analisi così "spinta" potrebbe essere utilizzata in edifici termici all'interno dei cui vani sono, compatibilmente con la destinazione d'uso complessiva, svolte attività o presenza di carichi endogeni differenti tra loro, oppure nel caso si opti per un'analisi dinamica della prestazione energetica.

L'estensione di questo bilancio a tutto l'edificio termico permette di stabilire, sempre senza analizzare eventuali impianti, il fabbisogno di energia utile ideale di un edificio. I fabbisogni di energia termica per la climatizzazione invernale seguono l'equazione di bilancio energetico:

$$\begin{aligned} Q_{H,nd} &= Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gu} \\ &= (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol}) \quad [Wh] \end{aligned}$$

Dove:

$Q_{H,nd}$ = fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento

$Q_{H,ht}$ = scambio termico totale per il riscaldamento

$\eta_{H,gn}$ = fattore di utilizzazione degli apporti termici

$Q_{H,gu}$ = apporti termici totali nella stagione invernale

$Q_{H,tr}$ = scambio termico per trasmissione nel caso del riscaldamento

$Q_{H,ve}$ = scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento

Q_{int} = apporti termici da carichi interni

Q_{sol} = apporti termici solari

I fabbisogni di energia termica per la climatizzazione estiva, sono contenuti nell'equazione a seguito riportata:

$$\begin{aligned} Q_{c,nd} &= Q_{gn} - \eta_{c,LS} \cdot Q_{c,ht} \\ &= (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{c,LS} \cdot (Q_{c,tr} + Q_{c,ve}) \end{aligned}$$

Dove:

$Q_{c,nd}$ = fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per il raffrescamento

$Q_{c,ht}$ = scambio termico totale per il raffrescamento

$\eta_{c,gn}$ = fattore di utilizzazione degli apporti termici

$Q_{c,gn}$ = apporti termici totali nella stagione estiva

$Q_{c,tr}$ = scambio termico per trasmissione nel caso del raffrescamento

$Q_{c,ve}$ = scambio termico per ventilazione nel caso di raffrescamento

Q_{int} = apporti termici da carichi interni

Q_{sol} = apporti termici solari

Come precedentemente affermato i fabbisogni di energia termica per ogni zona di riscaldamento, va calcolato ogni mese durante il periodo di riscaldamento, periodo che è normato dal DPR 412/93 e richiamato nella norma stessa.

ZONA CLIMATICA	GG RISCALDAMENTO	DI	INIZIO	SPEGNIMENTO

A	105	1 dic.	15 marzo
B	121	1 dic.	31 marzo
C	136	15 nov.	31 marzo
D	166	1 nov.	15 aprile
E	183	15 ott.	15 aprile
F	200	5 ott.	22 aprile

I dati relativi alla caratterizzazione dei dati tipologici dell'edificio sono:

PARAMETRO	DESCRIZIONE
Volume lordo dell'ambiente climatizzato	Volume lordo che comprende tutte le parti effettivamente climatizzate e le intercapedini d'aria non ventilate che delimitano verso l'esterno fino ad un massimo di 30 cm.
Volume netto dell'ambiente climatizzato	Volume netto effettivamente climatizzato o asservito dal sistema di ventilazione meccanica controllata
Superficie utile termica	Superficie netta calpestabile al netto di sguinci, porte e finestre effettivamente climatizzata
Superficie disperdente	Superficie lorda che delimita l'involucro verso l'esterno o verso vani non dotati di impianto di riscaldamento
Caratteristiche geometriche degli elementi esterni all'edificio che hanno una possibile influenza con l'efficienza dell'edificio stesso	Dati geometrici di oggetti, villette e costruzioni esterne che generano ombre all'immobile oggetto di valutazione

Dati climatici	Dedotti comune per comune dalla norma UNI 10349. Si tratta di conoscere le temperature medie mensili (θ_c). L'irradiazione solare media sul piano orizzontale ($I_{sol,h}$) e l'irradiazione totale media mensile per ciascun orientamento (I_{sol})
Temperatura interna ($\theta_{mt,set}$)	Temperatura media dell'aria di set point. Tale dato per ogni destinazione d'uso termica è prevista da norma UNI TS 1130-1
Destinazione d'uso termica ≡ edificio termico	<p>Sistema costituito da un involucro edilizio che delimita uno spazio di volume definito dalle strutture interne che ripartiscono detto volume da tutti gli impianti energetici installati stabilmente al suo interno o nelle sue adiacenze, ed asserviti al suo funzionamento standard in relazione alla destinazione d'uso; la superficie esterna che delimita un edificio può confermare con tutti o alcuni di questi elementi: ambiente esterno, terreno, altri edifici. Il termine può riferirsi ad un intero edificio o a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a se stanti.</p> <p>Gli edifici termici sono classificati ai sensi dell'art. 3 del DPR 412/93 e sono:</p> <p>E1 edificio adibito a residenza ed assimilati</p> <p>E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;</p> <p>E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;</p> <p>E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed</p>

	<p>attività similari;</p> <p>E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;</p> <p>E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili: ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;</p> <p>E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:</p> <p>E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi;</p> <p>E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;</p> <p>E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;</p> <p>E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;</p> <p>E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:</p> <p>E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;</p> <p>E.6 (2) palestre e assimilabili;</p> <p>E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;</p> <p>E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i</p>
--	--

	livelli e assimilabili; E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.
--	---

Scambio termico per trasmissione

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, gli scambi termici si calcolano con le seguenti formule:

- Climatizzazione invernale

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \cdot (\vartheta_{mt,set,H} - \vartheta_e) \cdot t + \left\{ \sum_k F_{r,K} \cdot \Phi_{r,mn,k} \right\} \cdot t$$

- Climatizzazione estiva

$$Q_{c,tr} = H_{tr,adj} \times (\vartheta_{mt,set,c} - \vartheta_e) \cdot t + \left\{ \sum_k F_{r,K} \cdot \Phi_{r,mn,k} \right\} \cdot t$$

Dove:

$H_{tr,adj}$ = coefficiente di scambio globale di scambio termico per la zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura tra interno ed esterno;

$\vartheta_{mt,set,H}$ = temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

$\vartheta_{mt,set,c}$ = temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

ϑ_e = temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

t = durata del mese considerato;

$F_{r,k}$ = fattore di forma del componente edilizio k- esimo e la volta celeste

$\Phi_{r,mm,k}$ = extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente edilizio k- esimo, mediato sul tempo.

I coefficienti di scambio termico globale si ricavano come:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_u + H_A H_u$$

Dove:

H_D = coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno;

H_g = coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno;

H_u = coefficiente di scambio termico per trasmissione verso gli ambienti non climatizzati

H_u = coefficiente di scambio per trasmissione verso altre zone (interne o meno dell'edificio) climatizzate ad altra temperatura

I coefficienti di scambio a loro volta sono così sintetizzabili:

$$H = \sum_k U_k \cdot A_k + \sum_j \Psi_j \cdot L_j + \sum_p \chi_p$$

Dove:

U_k = trasmittanze termiche degli elementi di involucro

A_k = area lorda dell'elemento k-esimo di involucro

Ψ_j = coefficiente lineico di ponte termico

L_j = lunghezza del ponte termico lineico

χ_p = coefficiente di ponte termico puntuale

Analizzando le equazioni di scambio termico è possibile osservare che tutti i coefficienti contenuti rappresentano i “modi” di diffusione e scambio del calore (conduzione, convezione ed irraggiamento) dell'elemento rispetto all'esterno. Tuttavia tale formulazione e le sue correlate, recano alcune imprecisioni che “modificano” sostanzialmente il fabbisogno dell'edificio.

La stessa norma 11300-1 prevede che la temperatura esterna di set point in condizioni estive sia sempre di 26°C, per tutti gli edifici ad eccezione degli E6 (1) che è posta a 28°C ed degli E6 (2) che è posta a 24°C.

Analizzando i dati climatici delle diverse località italiane contenute nella UNI 10349, si osserva che la temperatura media mensile esterna, in estate è sempre inferiore a 26°C, pertanto il gradiente termico sempre positivo, fa sì che le dispersioni estive siano tanto maggiori quanto il coefficiente di scambio globale per trasmissione e ventilazione sono elevati. (a titolo esemplificativo e non esaustivo, tanto maggiore è la trasmittanza, tanto minore è l'energia necessaria per la climatizzazione). Pur condividendo che si tratta di un calcolo standardizzato il “fenomeno di discomfort estivo” è ben noto. Sempre in riferimento alla formula estiva, non compaiono differenze tra l'involucro soleggiato e quello in ombra.

Quello soleggiato, specialmente considerando la forte irradiazione solare, difficilmente avrà una temperatura superficiale esterna tale da permettere un gradiente termico positivo tra interno ed esterno. In tal senso è anche auspicabile che la norma UNI 10349 sia revisionata con i dati climatici più attinenti agli ultimi anni al fine da caratterizzare il clima dei vari comuni che in questo periodo di “riscaldamento globale e cambiamenti climatici”. Il Comitato Termotecnico italiano, ha reso noti alcuni “anni termici” di regioni del nord Italia che opportunamente trattati possono rappresentare una discreta base di lavoro per la revisione della norma sui dati climatici.

Tali dati infatti rappresentano una prima base di lavoro per il sottogruppo CTI, che cura la revisione della norma UNI 10349. Un altro aspetto che caratterizza entrambi i bilanci, riguarda la determinazione della trasmittanza termica dei componenti opachi.

La trasmittanza termica di un componente opaco, si determina con la norma UNI EN 6946 secondo la formulazione:

$$U = \frac{1}{h_i + \sum_j \frac{S_j}{\lambda_j} + \sum_k \frac{1}{C_k} + h_e}$$

Dove

U = trasmittanza termica del componente opaco in $\frac{W}{m^2 K}$

R = resistenza termica totale del componente $m \frac{m^2 k}{w}$

h_i = superficiale di scambio termico interno

h_e = coefficiente superficiale di scambio termico esterno

C = conduttanza termica equivalente di strati non omogenei (lame d'aria)

S = spessore in metri dell' elemento j-esimo che compone la parete

χ = conducibilità termica equivalente in opera dell'elemento j-esimo che compone la stratigrafia

La proprietà termo fisica dei materiali è caratterizzata nel 90% dei casi dal certificato di marcatura CE al cui interno, frutto delle norme armonizzate ed attuative circa la marcatura dei prodotti da costruzione (Direttiva 106/89/CE), sono contenute le caratteristiche dei materiali testati in laboratorio.

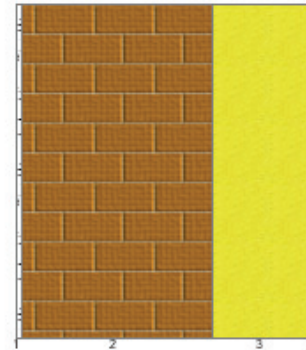
Tale condizione difficilmente è ottenibile in un ordinario cantiere, cioè il materiale franco azienda ha quelle caratteristiche definibili “medie” del campione poi il trasporto, accatastamento, messa in opera ecc. ne peggiorano le condizioni.

La norma UNI 10351 descrive il coefficiente di maggioranza “m” in condizione media di esercizio, ossia in funzione del contenuto percentuale di umidità, dell'invecchiamento del costipamento dei materiali sfusi, della manipolazione e dell'installazione eseguita a regola d'arte (è impossibile tenere conto dell'influenza di una cattiva manipolazione o di una cattiva installazione), tiene conto anche della tolleranza sullo spessore quando esso è uguale a 10 cm.

Tale norma seppur completa, è datata (1994) e non contempla tutti i materiali, specie quelli di nuova creazione.

Per i laterizi “comuni” a tale norma è associata la UNI 10355. I laterizi rappresentano un materiale molto diffuso nella tradizione costruttiva attuale e passata. Sono materiali ancora “vivi” dal punto di vista termico, in quanto possono ancora assorbire notevoli quantità di acqua, la quale modifica le condizioni di conducibilità termica del materiale. Il problema è tanto più “intenso” quanto più bassa è la densità del materiale, e questo diventa molto significativo nei laterizi porizzati; materiali che grazie ai micro vuoti d'aria, uniscono un discreto isolamento termico con una buona massa inerziale.

Il vapore acqueo e l'eventuale condensazione dello stesso, riempie i vuoti e modifica la conducibilità del materiale.



strato	spessore	λ ce	UNI 10351-10355			UNI 10351-10355-1745			uni 10456			secondo produttori		
			m	λ d	R	m	λ d	R	m	λ d	R	m	λ d	R
Rsi					0,13			0,13			0,13			0,13
intonaco	1,5			0,9	0,016667		0,9	0,0166667		0,9	0,016667		0,9	0,016667
poroton	30	0,217	65%	0,35805	0,837872	6%	0,23002	1,30423441	65%	0,35805	0,837872	6%	0,23002	1,304234
EPS	15	0,031	15%	0,03565	4,207574	10%	0,0341	4,39882698	13,33%	0,035132	4,269575	0%	0,031	4,83871
intonaco plastico	1,5			1,3	0,011538		1,3	0,01153846		1,3	0,011538		0,6	0,025
Rse					0,04			0,04			0,04			0,04
R tot					5,243651	5,90126652					5,305652	6,354611		
U					0,190707	0,16945515					0,188478	0,157366		
					21%						20%	0%		

Figura 1: Analisi della trasmittanza termica di una parete con cappotto estremo

Le norme UNI che trattano il tema delle maggiorazioni delle conducibilità sono diverse e non sono uniche, pertanto contenendo approcci differenti ai vari punti di vista, e probabilmente rappresentando “interessi” di settore, trattano il problema in modo differente, creando molto spesso confusione tra i tecnici chiamati a progettare o verificare l'efficienza energetica.

Inoltre, la norma UNI TS 11300-1, crea ulteriore confusione in quanto al punto 11.1.1 prevede che sia desunte le conducibilità dai dati di accompagnamento della marcatura CE oppure la norma UNI 10351 o UNI 1745 che tratta di laterizi e calcio silicato oppure della norma UNI 10355.

A livello legislativo, nel compendio delle norme UNI da utilizzare per la valutazione energetica o la certificazione, le norme richiamate per le maggiorazioni sono solamente la UNI 10351 e UNI 10355 e non viene citata la norma 1745.

Un'ulteriore norma che non viene citata né dai decreti attuativi (Direttiva 2002/91/CE) né dalla norma UNI 11300-1 è la norma UNI 10456 che rappresenta una parziale evoluzione della norma UNI 10351. Con formulazioni matematiche è possibile con questa norma stimare le condizioni di conducibilità termica nelle varie condizioni di utilizzo, sia di temperatura che di umidità.

Questa norma permette di ottenere dallo stesso materiale almeno due conducibilità che descrivono il comportamento medio invernale e quello medio estivo. Conseguentemente a ciò anche la trasmittanza termica dell'elemento è molto differente. Nella simulazione a seguito riportata è possibile osservare le diverse maggiorazioni desumibili dalle norme sopra analizzate e il loro effetto sulla trasmittanza termica dell'elemento.

Una tale variabilità nella trasmittanza termica impone mediamente valori differenti della prestazione energetica.

Un altro aspetto riguarda l'extra flusso verso la volta celeste. Questo aspetto nella UNI 832, che “anticipava” il calcolo energetico contenuto nella UNI TS 11300, era trattato come un fattore di riduzione degli apporti solari, ed era applicato alle sole coperture orizzontali (specialmente per un aspetto matematico geometrico). Tale aspetto, rappresenta la radiazione solare verso il cielo, ossia il doppio effetto: la radiazione solare che ha effetto solo sulle pareti colpite dal sole e la radiazione della volta celeste che ha effetto solo sulle pareti esposte alla radiazione (il punto di vista è la volta celeste).

E' lecito, quindi, supporre che la maggior parte della radiazione della volta celeste ha "effetto" sulla copertura, mas anche una modesta quantità sulle pareti laterali anche se è quasi totalmente compensata dalla radiazione che l'edificio oggetto di valutazione, riceve dal terreno e dagli altri immobili nelle vicinanze, che sono a temperatura più alta.

Da norma UNI 11300, l'extra flusso dovuto alla radiazione solare verso il cielo, per ogni specifico elemento dell'edificio è così riassumibile:

$$\Phi_{r,1-12} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er,1-12}$$

Dove

R_{se} = resistenza termica superficiale esterna dell'elemento [$\frac{m^2k}{w}$]

U_c = trasmittanza termica dell'elemento [$\frac{w}{m^2k}$]

A_c = area dell'elemento [m^2]

A_c = coefficiente di scambio radiativo esterno

$\Delta\vartheta_{er,1-12}$ = differenza media tra la temperatura esterna e la temperatura apparente

In assenza di ostruzioni circostanti (di ombreggiamento) il valore del fattore di forma per lo scambio radiativo tra l'elemento e il cielo $F_{r,k}$ è assunto pari a 1 nel caso di copertura orizzontale, pari a 0,5 nel caso di parete verticale. Per un componente edilizio con inclinazione generica il fattore di forma F_r vale:

$$F_r = F_{sh,ob,dif} \cdot (1 + \cos S / 2)$$

Dove

S = angolo di inclinazione del componente sull'orizzonte

$F_{sh,ob,dif}$ = fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa, pari a 1 sempre in assenza di ombreggiature da elementi esterni

Il coefficiente di scambio radiativo è calcolabile con l' equazione di Stefan Boltzmann

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \delta \cdot (T_A)^3$$

Dove

ε = remissività esterna della superficie

δ = costante di Stefan Boltzmann $[5,6710 \frac{-8w}{m^2k^4}]$

T_A = media aritmetica delle temperature delle superfici e del cielo in gradi Kelvin

In linea di massima la $T_A \cong 285,15^\circ K$

Quando il valore della temperatura del cielo non è nota, si può considerare una differenza tra temperatura dell'aria esterna e temperatura del cielo pari a 9K nelle regioni sub-polari; 13 K nella fascia tropicale e 11K nelle fasce intermedie (Italia)

Valori di emissività dei materiali comuni				
<i>Materiale</i>	<i>Emissività*</i>		Ferro, lucido, satinato	0,16
Alluminio, lucidato		0,05	Ferro, battuto, lucidato	0,28
Alluminio, superficie grezza		0,07	Lacca, bachelite	0,93
Alluminio, molto ossidato		0,25	Lacca, nera, opaca	0,97
Pannello di amianto		0,96	Lacca, nera, lucida	0,87
Tessuto con amianto		0,78	Lacca, bianca	0,87
Carta amianto		0,94	Nero fumo	0,96
Tavola di amianto		0,96	Piombo, grigio	0,28
Ottone, opaco, placcato		0,22	Piombo, ossidato	0,63
Ottone, lucidato		0,03	Piombo, rosso, in polvere	0,93

Mattone, comune		0,85	Piombo, lucido		0,08
Mattone, smaltato, grezzo		0,85	Mercurio, puro		0,1
Mattone, refrattario, grezzo		0,94	Nichel, su ghisa		0,05
Bronzo, poroso, grezzo		0,55	Nichel, lucidato puro		0,05
Bronzo, lucidato		0,1	Vernice, placcata in argento**		0,31
Carbone, purificato		0,8	Vernice, olio, media		0,94
Ghisa, getto grezzo		0,81	Carta, nera, lucida		0,9
Ghisa, lucidata		0,21	Carta, nera, opaca		0,94
Carbone attivo, polvere		0,96	Carta, bianca		0,9
Cromo, lucidato		0,1	Platino, puro, lucidato		0,08
Argilla, cotta		0,91	Porcellana, smaltata		0,92
Calcestruzzo		0,54	Quarzo		0,93
Rame, lucidato,		0,01	Gomma		0,93
Rame, commerciale brunito		0,07	Gommalacca, nera, opaca		0,91
Rame, ossidato		0,65	Gommalacca, nera, lucida		0,82

Rame, ossidato nero		0,88	Neve		0,8
Nastro elettrico, plastica nera		0,95	Acciaio, galvanizzato		0,28
Smalto**		0,9	Acciaio, molto ossidato		0,88
Formica		0,93	Acciaio, laminato		0,24
Terreno gelato		0,93	Acciaio, superficie grezza		0,96
Vetro		0,92	Acciaio, rosso ruggine		0,69
Vetro, satinato		0,96	Acciaio, lamiera, nichelato		0,11
Oro, lucidato		0,02	Acciaio, lamiera, laminato		0,56
Ghiaccio		0,97	Carta catramata		0,92
Ferro, laminato a caldo		0,77	Stagno, brunito		0,05
Ferro, ossidato		0,74	Tungsteno		0,05
Ferro, galvanizzato, brunito		0,23	Acqua		0,98
Ferro, laminato, galvanizzato, ossidato		0,28	Zinco, lamiera		0,2

Scambio termico per ventilazione

Analogamente a quello di trasmissione, lo scambio termico per ventilazione viene calcolato nelle due stagioni termiche di riferimento come:

stagione di riscaldamento

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \cdot (\vartheta_{mt,set,H} - \vartheta_e) \cdot t$$

Stagione di raffrescamento

$$Q_{C,ve} = H_{ve,adj} \cdot (\vartheta_{mt,set,C} - \vartheta_e) \cdot t$$

Dove

$H_{ve,adj}$ = coefficiente di scambio globale per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno

$\vartheta_{mt,set,H}$ = temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

$\vartheta_{mt,set,C}$ = temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata;

ϑ_e = temperatura media mensile dell'ambiente esterno,

t = durata del mese considerato

il coefficiente di scambio globale per ventilazione è rappresentato dall'equazione:

$$H_{ve,adj} = \rho_A \cdot C_A \cdot \left\{ \sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right\}$$

Dove

$\rho_A \cdot C_A$ = capacità termica volumica dell'aria pari a $1200 \frac{J}{m^3 K}$

$b_{ve,k}$ = fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k-esimo ($b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura d'aria di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso del pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione)

$q_{ve,k,mn}$ = portata mediata sul flusso d'aria l-esimo espressa in m^3/s si ricava come

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}$$

Dove

$f_{ve,t,k}$ = frazione di tempo in cui si verifica il flusso d'aria k-esimo (in situazione permanente $f_{ve,t,k} = 1$)

$q_{ve,k}$ = portata sul tempo del flusso d'aria

Le caratteristiche delle diverse tipologie di sistemi di ventilazione e aereazione definiscono in modo significativo i ricambi d'aria e conseguentemente il fabbisogno energetico.

In edifici moderni ad elevato grado di isolamento, il fattore preponderante nel dispendio energetico diventa proprio la ventilazione. La norma UNI TS 11300 individua per la valutazione di progetto o di "certificazione" che i tassi di ricambio d'aria siano così trattati:

- Per edifici residenziali dotati di sistemi di ventilazione naturale il tasso di ricambio aria è pari a 0,3 vol/h,
- Per tutti gli altri edifici con ventilazione naturale, si assumono i tassi di ricambio aria riportati nella UNI 10339 con i valori degli indici di affollamento pari al 60%.

Per gli edifici dotati di ventilazione meccanica controllata, i ricambi d'aria e le portate sono da determinare sulla base della uni 10339, ai fini della norma UNI 11300, le portate d'aria devono essere caratterizzate come:

- a) Ventilazione meccanica a semplice flusso (aspirazione) il tasso di ricambio è fissato come:

$$q_{ve} = q_{ve,des} \cdot K$$

Con $q_{ve,des}$ = portata d'aria di progetto (definita da Uni 10339)

K = coefficiente di contemporaneità di utilizzo delle bocchette aspiranti. In assenza di dati di progetto attendibili o informazioni più precise K=1 per sistema a portata fissa e K=0,6 per ventilazione igro-regolabile

- b) Ventilazione meccanica a doppio flusso, il tasso di ventilazione è fissato pari a :

$$q_{ve} = q_{ve,des} \cdot (1 - \eta_{ve})$$

Dove η_{ve} = fattore di efficienza del recuperatore d'aria se presente

La norma UNI TS 11300, permette anche di valutare la ventilazione notturna (free-cooling) solo in presenza di ventilazione meccanica notturna (23-7) in tutti i giorni del periodo di climatizzazione pari a :

- $f_{ve,t} = 0,67$
- Portata q_{ve} extra pari alla portata di progetto attribuita al periodo 7.00-23.00 (q_{ve} extra = 0,33)
- Valori di correzione della temperatura b_{ve} e $b_{ve}extra$ tengono conto della diversa differenza di temperatura tra ambiente interno ed esterno nelle due frazioni del periodo di calcolo (7-23 e 23-7)

Solo per calcoli che hanno scopi differenti rispetto a quello di progetto e quello standard, si possono utilizzare le norme UNI EN 15251 e 15242 che a livello europeo ed italiano rappresentano una evoluzione nella determinazione della portata d'aria di ricambio.

Dall'analisi compiuta nel corso del dottorato di ricerca, si segnalano alcuni aspetti che sono di seguito approfonditi:

- 1) I ricambi d'aria naturale che si devono ipotizzare in un edificio a destinazione residenziale (E1), sono posti a 0,3 vol/h per ogni ambiente. La L.10/01 e la sua norma tecnica attuativa (UNI 7357) imponevano i ricambi d'aria pari a 0,5 vol/h. le ragioni di tale valore erano da ricercare sia dal punto di vista della salubrità ottenibile negli ambienti di vita, sia per i serramenti allora utilizzati che permettevano un'infiltrazione d'aria nei vani. Lo "spiffero" rappresenta e rappresentava uno spreco energetico, ma la salubrità degli ambienti era migliore.

Il ricambio d'aria permette un maggiore controllo dell'umidità indoor e quindi abbassa il rischio di condense e muffe ed una evacuazione degli inquinanti indoor che nuociono alla salute umana. Oggi, con i serramenti a perfetta tenuta, le pareti ben isolate e poco traspiranti, si assiste ad una proliferazione di muffe e inquinamento che l'Organizzazione Mondiale della Sanità, classifica come Sick

Building Syndrome (sindrome edificio malato) o Building Related Illness (malattia legata all'edificio).

Analizzando lo 0,3 vol/h è lecito chiedersi se tale valore sia sufficiente. Il flusso d'aria dovuto all'apertura di finestra, è stimabile con la norma UNI EN 15242:2008

$$q_{vairing} = 3,5 \cdot 500 A_{ow} \cdot V^{0,5}$$

$$V = C_t + C_w \cdot V_{met}^2 + C_{st} \cdot H_{window} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e)$$

Con

Q_v = flusso d'aria in m³/h

A_{ow} = area di apertura della finestra

C_t = 0,01 tiene conto della turbolenza del vento

C_t = 0,001 tiene conto della velocità del vento

C_{st} = 0,0035 tiene conto dell'effetto del tiraggio

H_{window} = è l'area libera di altezza della finestra in m

V_{met} = velocità metereologica del vento a 10 m di altezza.

ϑ_i = temperatura dell'aria della stanza

ϑ_e = temperatura aria esterna

Per finestre il flusso è disperdente dal grado di apertura della stessa attraverso un parametro α , quindi:

$$A_{ow} = C_k(\alpha) \cdot A_w$$

Dove

A_w = area della finestra totalmente aperta

$C_k(\alpha)$ = espressione polinomiale così riassumibile

$$= 2,6 \cdot 10^{-7} \alpha^3 - 1,19 \cdot 10^{-4} \alpha^2 + 1,86 \cdot 10^{-2} \alpha$$

Ora si compie una simulazione volta a valutare cosa significa 0,3 vol/h per una camera da letto standard di 14m² alta 2,79 m illuminata ed arieggiata da una finestra di 1,20 x 1,50 m

Dimensioni stanza							
Lu	4	m					
La	3,5	m	Ricambio aria da UNI TS 11300				
H	2,7	m	n	0,3	vol/h		
			Q	11,34	mc		
Area stanza	14	mq					
Volume stanza	37,8	mc	Dimensioni finestra				
			L	1,2	m		
			H	1,5	m		
			Aw	1,8	mq		
			a	45	°		
			Ck(a)	0,6197175			
			Aow	1,1154915	mq		
			H win	4	m	altezza dell	
dati climatici di Reggio Emilia da norma UNI 10349							
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	
qe	1,1	3,2	8,2	12,7	16,9	21,	
V	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,	
Dati di progetto UNI TS 11300-1							
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	
qi	20	20	20	20	26	2	
Da uni 15242							
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	
V	0,27581	0,24641	0,17641	0,11341	0,13861	0,0784	
Qw (mc/h)	148,49927	118,528	60,75062	25,1077049	37,505369	12,001823	
T apertura (minuti)	5	6	11	27	18	5	

Si può osservare che in alcuni casi (specialmente estivi), per garantire 0,3 vol/h è necessario un tempo superiore all'ora stessa, pertanto in tali casi il calcolo di fabbisogno energetico è solo teorico.

- 2) L'applicazione della norma UNI 10339, talvolta, può generare problemi specialmente quando, in base ai volumi di immissione e prelievo indicati dalla norma, si ha uno "sbilanciamento" della ventilazione Controllata rispetto all'immissione o viceversa. A tal punto il progettista o il certificatore devono optare per "forzare" i ricambi orari e il volume d'aria di rinnovo, per evitare che l'edificio sia in pressione o in depressione. Tale aspetto non riguarda solo il calcolo di energia, ma anche il dimensionamento stesso dell'impianto.
- 3) nel caso di impianto a doppio flusso con recuperatore di calore, la norma UNI prevede che le perdite di energia per ventilazione, siano da computare rispetto al rendimento del recuperatore. Quest'ultimo rappresenta solo una porzione del complesso sistema di ventilazione meccanica controllata, formato da ventilatori, batterie di riscaldamento o umidificazione/deumidificazione; pertanto parlare del solo rendimento di recupero, è limitativo.

La VMC è una macchina per il trattamento dell'aria e come tale, rispetto alle previsioni della norma UNI 11300-2 ha un suo rendimento specifico così identificabile

$$\eta_{ve} = \frac{Q_{ve}}{Q_{ve,tot}}$$

Dove:

Q_{ve} = energia per ventilazione utilizzabile

$Q_{ve,tot}$ = energia totale di ventilazione del sistema VMC

in particolare è necessario conteggiare nel rendimento complessivo del sistema, non solo il rendimento del recuperatore (che è testato in laboratorio, in condizioni di clima e umidità "particolari"), ma anche l'efficienza ed i consumi elettrici e termici delle macchine, che permettono al sistema di ventilazione meccanico di funzionare.

Una possibile formulazione del problema è così enunciabile:

$$\eta_{ve} = \frac{Q_{recuperato} - \frac{L_{el,aux}}{\eta_{el,aux}} - Q_{impianto\ trattamento}}{Q_{tot,vent}}$$

Dove

$Q_{recuperato}$ = energia termica recuperabile dal recuperatore rispetto al rendimento dichiarato dal costruttore;

$L_{el,aux}$ = lavoro elettrico degli ausiliari,

$\eta_{el,aux}$ = fattore di conversione primaria dei fabbisogni elettrici (AAEG)

$Q_{impianto\ trattamento}$ = energia termica eventualmente necessaria all'impianto di trattamento aria per innalzare/abbassare la temperatura di prelievo dall'esterno.

$Q_{tot,vent}$ = energia termica totalmente trattata dall'impianto di ventilazione meccanica controllata

Quest'analisi permetterebbe anche di "modificare" e correggere i dati quasi inverosimili che talvolta gli operatori del settore si trovano ad utilizzare, in cui "teoricamente" i consumi di ventilazione sono quasi azzerati dal momento che il recuperatore vanta un'efficienza del 95%.

5.8 ENERGY AUDIT

L'energy audit, attraverso la fase conoscitiva, fornisce gli elementi utili per intervenire in modo conveniente ed efficace, ottenendo i massimi vantaggi. Si tratta dell'unico approccio che possiamo adottare per risolvere, in modo coerente, il problema della riqualificazione degli edifici esistenti e inefficienti, un problema che si può e si deve trasformare in una grande opportunità.

L'energy audit segue regole che si sono sviluppate nel tempo attraverso esperienze sul campo, in particolare negli Stati Uniti, a partire dagli anni settanta. Nella

politica energetica comunitaria dell'Unione Europea, lo strumento dell'Audit Energetico è stato oggetto di grande attenzione: il JRC (Joint Research Centre) di Ispra ha condotto per diversi anni studi finalizzati a comparare, valutare e promuovere metodologie di diagnosi con finalità operative. Nei Programmi quadro per l'energia dell'Unione Europea, molti progetti hanno finanziato studi, ricerche ma anche applicazioni pratiche proprio sulle tecniche di Energy audit, stimolando il confronto e incentivando il trasferimento tecnologico dei membri.

Le più recenti Direttive comunitarie, a partire dalla Direttiva 32 del 2006, evidenziano l'importanza dello strumento dell'energy audit e orientano gli Stati membri ad adottare leggi e norme per renderlo cogente in determinate situazioni. Eppure, nonostante questi sforzi, l'energy audit non è diffuso, come avremmo potuto immaginare, anche considerando il momento attuale in cui l'energia è forse il tema dominante.

Per essere efficace l'energy audit deve essere prima di tutto compreso per il potenziale che può offrire, potenziale che prescinde dalla conoscenza delle leggi o delle regole. Il vero confronto deve avvenire con il mercato, e quindi con la reale convenienza a intraprendere un percorso che, partendo da un'analisi dello stato di fatto, la baseline, consenta di individuare le misure più efficaci e di fare in modo che queste misure vengano effettivamente applicate. Un Energy audit che non porta a nessun intervento può essere considerato uno studio interessante ma sicuramente perde la sua efficacia.

Questa ricerca è stata concepita proprio per promuovere questo concetto: fornire uno strumento che possa contribuire al raggiungimento di un obiettivo di concretezza. Il manuale non inventa nulla di nuovo, ma più semplicemente definisce una metodologia che mette a sistema le conoscenze che si sono sviluppate in questi ultimi anni in particolare in Europa e negli Stati Uniti. La considerazione che sta alla base di questo lavoro è che le conoscenze ci sono, ma che forse quella che manca è la definizione di un percorso che trasformi queste conoscenze in un modo operativo efficace, una traccia che tecnici specialistici che intendono operare in questo campo, ma anche altri attori interessati, quali per esempio gestori, amministratori o utenti finali, possano seguire per comprendere in modo più semplice una materia complessa.

5.9 IL GREEN AUDIT

La procedura di energy audit, ci ha portati a individuare una definizione differente rispetto a quella tradizionale: Green Energy Audit. Il valore aggiunto sta proprio in quel “green”, parola che richiama e sintetizza un concetto diffuso: quello della sostenibilità aziendale. La parola green è di moda e come tutte le parole di moda, viene spesso utilizzata anche quando non serve. Nel nostro caso, l’inserimento di questo termine proprio nella definizione che sintetizza tutta l’impostazione della metodologia proposta non è stata una scelta di facciata.

Gli interventi di miglioramento delle componenti energetiche di un edificio consentono già di raggiungere una forte riduzione dell’impatto ambientale attraverso minori consumi di combustibili fossili, e quindi delle emissioni che ne derivano direttamente o indirettamente. Il momento in cui si “indaga” sulle inefficiente energetiche di un edificio, è anche un’occasione da non perdere per verificare gli sprechi di altre risorse non energetiche, quali per esempio l’acqua. D’altra parte, il momento in cui si definiscono le misure che possono migliorare la qualità dell’edificio, è un’importante occasione per valutare l’utilizzo in modo attivo o passivo delle risorse naturali, quali per esempio il sole, il vento, il terreno o il verde.

Il Green Energy Audit non si limita a fornire strumenti e metodi per ridurre i consumi di energia, ma si pone un obiettivo più ambizioso: contribuire a un miglioramento globale della sostenibilità di un edificio.

Negli ultimi anni si è registrata una sempre maggiore attenzione al tema della sostenibilità ambientale in tutti i settori. La certificazione ambientale degli edifici, anche se quasi sempre promossa in modo volontario, suscita un interesse sempre maggiore. Un interesse che è giustificato dalla consapevolezza diffusa di quanto sia importante non considerare solo gli aspetti energetici, che pure sono prevalenti, ma anche quelli ambientali. La certificazione ambientale rappresenta l’approccio più completo per valutare la sostenibilità di un edificio: essa infatti verifica il suo rapporto non solo con le fonti di energia, ma con tutte le risorse, per esempio l’aria, l’acqua e il suolo. Un numero sempre maggiore di edifici viene certificato sulla base di protocolli internazionali, come per esempio il LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sviluppato negli Stati Uniti o il BREEAM (Building

Research Establishment Environmental Assessment Method), messo a punto in Gran Bretagna, ma anche di tanti altri.

La necessità di spostare l'attenzione in campo energetico anche sul parco edilizio esistente, trova un suo parallelo anche nella necessità di spostare l'attenzione in campo ambientale sul parco edilizio esistente. Gli edifici nuovi dovranno essere energeticamente efficienti e ambientalmente sostenibili e ciò vale anche per quelli esistenti, pur con gli inevitabili vincoli, tecnici ma anche economici, che non sempre consentono di raggiungere i massimi livelli qualitativi.

Lo scopo del Green Energy Audit è soprattutto questo: proporsi come uno degli strumenti che possono essere utilizzati per accelerare questo processo.

Il termine audit definisce un'attività di valutazione di un'organizzazione, di un processo, di un progetto o di un prodotto. L'attività di audit, detta auditing, è mirata ad accertare la validità e l'affidabilità delle informazioni raccolte e ne contempo si configura anche come una verifica del sistema di controllo interno.

L'auditing non è un'attività fine a se stessa, ma ha uno scopo ben preciso: utilizzare le informazioni raccolte per raggiungere uno scopo ben preciso: utilizzare le informazioni raccolte per raggiungere un miglioramento che può essere definito in vari modi in funzione del campo di applicazione: migliori prestazioni, riduzione dei costi, maggiore sicurezza o, più in generale, un miglioramento della qualità globale.

Questo strumento non è semplicemente una chiave di lettura di un qualcosa che esiste, una sua interpretazione o la limite un'evidenza delle cose che non vanno, ma è un qualcosa in più. L'indagine e la valutazione, passaggi essenziali e fondanti di tutta l'attività, si devono poi trasformare in suggerimenti e indicazioni concrete che portino a un miglioramento tangibile. L'auditing, quindi, deve essere considerato un processo.

Per valutare questo miglioramento è necessario definire degli obiettivi. Il raggiungimento o meno di questi obiettivi naturalmente è vincolato a diversi fattori, a cominciare da quelli economici: il miglioramento dell'organizzazione, del processo del progetto o del prodotto rimane comunque un elemento irrinunciabile dell'auditing.

Chi conduce l'attività di auditing è normalmente un soggetto esterno al sistema: l'auditor. È proprio l'indipendenza di chi gestisce il processo l'elemento che dà all'intera attività un valore aggiunto. In alcuni casi può capitare che sia necessario controllare il sistema con una maggiore continuità e quindi si attiva un processo interno (o internal auditing). L'indipendenza è garantita dal fatto che l'internal auditor non è coinvolto nel processo o nel progetto in questione. Va comunque chiarito che l'auditing interno si configura come un servizio di mantenimento, mentre l'attività di auditing vera e propria viene comunque affidata a un soggetto esterno.

Un riferimento utile per comprendere le logiche che stanno dietro a un'attività di auditing in generale è la norma UNI ISO 19011-2002 che porta il titolo "linee guida per gli audit dei sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale". La norma è destinata a un'estesa gamma di potenziali utilizzatori, che comprendono gli auditor, le organizzazioni che attuano sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale, le organizzazioni che hanno l'esigenza di condurre audit di sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale per ragioni contrattuali e le organizzazioni che operano nella certificazione o nella formazione e addestramento degli auditor, nella certificazione di sistemi di gestione, nell'accreditamento o nella formazione nel campo della valutazione della conformità.

Il flusso di processo per la gestione di un programma di audit applica la metodologia P-D-C-A (Pianificare-Fare-Verificare-Agire). Un audit non è un progetto fine a se stesso, ma un processo che tende a un miglioramento continuo. Un Energy audit che non porta ad azioni di miglioramento è, quindi, assolutamente inefficace. Altro elemento che distingue un processo da un progetto è il fatto che, una volta intrapresa questa strada, è necessario garantirne il mantenimento attraverso un monitoraggio continuo. Utile al riguardo è la norma EN 16001-2009 che porta il titolo "Sistemi di gestione dell'energia- requisiti e linee guida per l'uso" e specifica i requisiti per creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia. Il sistema proposto considera gli obblighi legislativi che l'organizzazione deve rispettare e altri requisiti ai quali la stesa potrebbe sottostare, e consente all'organizzazione un approccio sistematico al continuo miglioramento della propria efficienza energetica e indica i requisiti per un continuo miglioramento sotto forma di un uso dell'energia più efficiente e sostenibile.

Sempre secondo la EN ISO 19011-2002, l'attività di audit è fondata su un certo numero di principi, che si riferiscono all'auditor, il rispetto dei quali è un prerequisito per fornire conclusioni dell'audit pertinenti e sufficienti e per assicurare che auditor diversi, operando indipendentemente l'uno dall'altro, pervengano a conclusioni simili in circostanze simili:

- *Comportamento etico*: il fondamento della professionalità. Fiducia, integrità, riservatezza e discrezione sono essenziali per l'attività di audit.
- *Presentazione imparziale*: l'obbligo di riportare fedelmente e con precisione. Le risultanze, le conclusioni e i rapporti di audit riflettono fedelmente e accuratamente le attività di audit. Vengono riportati gli ostacoli significativi incontrati durante l'audit e le opinioni divergenti non risolte tra il gruppo di audit e l'organizzazione oggetto dell'audit.
- *Adeguatezza professionalità*: l'applicazione di accuratezza e di discernimento nell'attività di audit. Gli auditor pongono un'attenzione di livello adeguato all'importanza del compito che essi svolgono e alla fiducia riposta in loro dai committenti dell'audit e dalle altre parti interessate. È fondamentale che essi posseggano le competenze necessarie.

Ulteriori principi fanno riferimento al processo dell'audit che è, per definizione, indipendente e sistematico:

- *Indipendenza*: la base per l'imparzialità dell'audit e l'obiettività delle sue conclusioni. Gli auditor sono indipendenti dall'attività oggetto dell'audit e sono liberi da pregiudizi e conflitti di interesse. Gli auditor conservano uno stato di obiettività di pensiero durante il processo dell'audit per assicurare che le risultanze e le conclusioni dell'audit siano basate sulle evidenze dell'audit.
- *Approccio basato sull'evidenza*: il metodo razionale per raggiungere conclusioni dell'audit affidabili e riproducibili in un processo dell'audit sistematico. Le evidenze dell'audit sono verificabili. Esse si basano su campioni di informazioni disponibili, poiché un audit è effettuato in un periodo di tempo limitato e con risorse limitate. L'uso appropriato del campionamento è strettamente connesso con il livello di confidenza che può essere riposto nelle conclusioni dell'audit.

Quando l'oggetto dell'audit sono degli edifici, degli impianti a essi collegati, delle infrastrutture produttive e lo scopo è quello di ridurre il consumo di energia primaria da origine fossile, si fa riferimento all'energy audit.

La definizione riportata nella bozza di norma CEN, attualmente in fase di redazione, definisce l'energy audit "una procedura sistematica per ottenere un'adeguata conoscenza dei profili dei consumi energetici esistenti di un edificio o gruppo di edifici, di una struttura industriale e di un servizio privato o pubblico, allo scopo di identificare e quantificare, in termini di convenienza economica, opportunità di risparmio energetico, definendo tutto ciò che emerge in un rapporto". Questa definizione evidenzia i tre elementi che caratterizzano un Energy audit a prescindere dalla modalità operativa adottata:

- La conoscenza dei profili dei consumi di energia del sistema indagato;
- L'individuazione delle possibili misure di contenimento dei consumi;
- La valutazione di tali misure sulla base di una logica costi/benefici;
- L'attività di reporting, ossia la restituzione analitica del lavoro fatto.

Fissati questi punti, l'energy audit si può articolare in forme diverse, differenti tra loro per la complessità e, quindi, per l'impegno tecnico ed economico.

Occorre innanzitutto fare una distinzione tra auditing civile e auditing industriale.

Nell'auditing civile si indaga prevalentemente sul comportamento energetico dei sistemi edilizi, intesi come elementi dell'involucro che delimitano spazi confinati, e sui sistemi impiantistici finalizzati al mantenimento del comfort. Possono essere presenti servizi impiantistici che consumano energia per altre funzioni, per esempio le celle frigorifere in un centro commerciale o l'impianto per l'aria compressa in un magazzino, tuttavia sono meno rilevanti.

Nell'auditing industriale le componenti impiantistiche finalizzate al mantenimento del comfort ci possono ovviamente essere, ma il ciclo produttivo può consumare tanta energia da risultare prevalente.

Le competenze di chi esegue l'auditing sono ovviamente diverse, così come sono diverse le strutture organizzative con le quali si confronta l'auditor: nel caso più semplice di un edificio o di un complesso di edifici residenziali, l'interfaccia organizzativa può essere rappresentata da una sola persona, l'amministratore con

funzione di legale rappresentante, o al limite lo stesso proprietario, mentre un sito industriale può avere uno staff più o meno organizzato di Energy manager e servizio interno di manutenzione.

Una seconda distinzione va fatta riguardo all'oggetto specifico dell'auditing. Un approccio complessivo, infatti, dovrebbe estendere l'indagine a tutti i sistemi impiantistici ed edilizi che consumano energia: in questo caso si considerano gli usi termici (Per esempio gli impianti elettrici o i sistemi di illuminazione) o solo su una parte del complesso.

Capire come funziona dal punto di vista energetico un edificio, intendendo con questo termine non solo la parte edilizia, ma l'insieme dell'involucro, della struttura e degli impianti, non è semplice, in quanto l'edificio è un sistema complesso soggetto a variabili non sempre prevedibili. L'approccio normalmente adottato in fase di progettazione considera condizioni al contorno semplificate (modalità d'uso standard, condizioni climatiche standard, caratteristiche tecniche dell'edificio note), mentre le condizioni operative reali sono influenzate da variabili climatiche normalmente diverse da quelle standard, ma anche da modalità gestionali non sempre riconducibili a modelli di riferimento unitari.

Lo studio che sta alla base della fase conoscitiva ha lo scopo di fornire all'auditor gli elementi oggettivi per comprendere come viene utilizzata, o spesso sprecata, l'energia. Le informazioni di base necessarie per effettuare un corretto Energy audit riguardano, innanzitutto, le caratteristiche dell'edificio (caratteristiche termofisiche dell'involucro quali pareti, serramenti, coperture, basamenti, e caratteristiche tecniche degli impianti di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione, usi elettrici, ecc), ma anche le modalità gestionali (orari di accensione, giorni di attivazione degli impianti, temperature di funzionamento, ecc).

Le informazioni necessarie per comprendere il comportamento energetico dell'edificio possono essere ricavate da documenti di progetto o, in mancanza di questi, da rilievi in campo. Per quanto riguarda gli aspetti gestionali, una campagna di misure anche limitata nel tempo dei parametri principali, quali per esempio la temperatura dell'aria, l'umidità relativa dell'aria, il consumo di energia termica o elettrica, ecc. può fornire informazioni importanti e, soprattutto, oggettive sul reale comportamento dell'edificio. L'analisi attraverso le bollette energetiche dei consumi reali di energia, termica o elettrica, può completare il quadro di riferimento. Anche se lo scopo dell'energy audit è quello di ridurre i consumi, può

capitare che i contratti con i fornitori di energia o di servizi energetici, non siano adeguati alle reali condizioni operative dell'utenza, che nel tempo, potrebbero essersi modificate. L'ottimizzazione dei contratti in funzione delle effettive modalità d'uso, può permettere di ridurre la bolletta energetica senza per questo far diminuire i consumi di energia: un risparmio economico nella gestione che rientra comunque nei compiti dell'auditor che, come dicevamo, si dovrebbe preoccupare di ridurre anche i consumi.

Le attività di auditing, se ben fatte, richiedono competenze qualificate, strumenti e procedure consolidate, quindi possono essere costose. Inoltre a volte non è presente la consapevolezza dell'inefficienza e quindi dello spreco energetico. Per ottenere la massima efficacia con il minore investimento, vengono utilizzati livelli operativi differenziati che vanno dall'economico, ma efficace, Walkthrough Audit, detto anche One Day Audit, che impegna meno di un giorno per sopralluoghi e rilievi al Simulation che può richiedere anche mesi di indagine.

L'energy audit, se ben gestito, è uno strumento fondamentale per promuovere azioni concrete per contenere i consumi di energia in un edificio o in una infrastruttura. Si tratta di un'attività ricca di complessità: non è semplice comprendere lo stato dell'edificio e degli impianti in quanto, il più delle volte, la documentazione è scarsa. Una volta definita quella che viene chiamata baseline, ossia la conoscenza dei profili dei consumi, non è semplice valutare le misure da adottare, che possano effettivamente portare a una soluzione generale dei problemi. Queste misure possono riguardare interventi di manutenzione straordinaria o di sostituzione di componenti e sistemi con tempi di ritorno che possono variare, ma anche misure che non richiedono un investimento iniziale perché riguardano suggerimenti per una migliore gestione degli impianti.

A tutto questo si aggiunge la complicazione che una misura può avere effetto su un'altra e, quindi, il vantaggio complessivo deve tenere conto di tutto ciò che viene proposto.

L'abilità dell'auditor sta anche come riesce a relazionarsi con il committente, dal quale deve comprendere sia le aspettative sia il budget che eventualmente è disposto a mettere a disposizione. Il successo di un Energy audit non si misura dalla bontà dello studio, ma dal fatto che gli interventi proposti vengano realizzati oppure no. La capacità di comunicare bene al committente i risultati emersi e le proposte contenute nel report, sono indice di professionalità, oltre che la chiave del successo di un lavoro di auditing energetico.

5.10 L'auditor energetico

Nell'energy audit con il termine auditor non si identifica necessariamente una persona, ma più in generale, la struttura che coordina e gestisce l'audit. Nel caso in cui più esperti siano coinvolti in uno stesso lavoro, viene nominato il Leader auditor, la persona che assume non solo il coordinamento ma anche la responsabilità dell'intero lavoro.

Le competenze professionali di un Energy auditor possono essere definite a livello nazionale e, quindi, possono variare da paese a paese. Si tratta comunque di una persona qualificata nel settore tecnico nel quale esercita la propria attività, quanto un tecnico laureato come un ingegnere o un architetto o un tecnico diplomato.

L'esperienza professionale può essere generale, in questo caso l'auditor è in grado di gestire in modo autonomo un audit, oppure specialistica (per esempio un ingegnere elettrotecnico, ingegnere termotecnico, ingegnere civile, architetto, ecc) e in questo caso potrà svolgere le attività pertinenti al settore della sua specializzazione.

Al di là della qualifica professionale che può essere considerata un requisito minimo, e l'iscrizione a un Albo professionale, obbligatorio in alcuni paesi, è opportuno che l'auditor abbia acquisito una solida esperienza nei seguenti settori:

- Progettazione energetica degli edifici;
- Progettazione energetica degli impianti (meccanici ed elettrici);
- Energy management,
- Contabilità energetica.

e che abbia anche delle competenze economiche indispensabili per elaborare delle proposte che si dimostrino convenienti in caso di adozione.

Il lavoro dell'energy auditor non è semplice e, comunque, è più complesso rispetto a una normale attività di progettazione che normalmente segue schemi più definiti.

L'auditor deve essere abituato ad operare sul campo, deve conoscere le problematiche legate alla sicurezza e, inoltre, deve avere ottime competenze nell'utilizzo della strumentazione per il rilievo e il monitoraggio.

La capacità di comunicare e di dialogare, non solo con il committente, ma anche con il suo staff, e il possesso di una padronanza di linguaggio nella redazione del rapporto di audit (che nel nostro caso abbiamo definito Green Energy Audit Report), oltre che una buona qualità comunicativa nel momento in cui presenta il lavoro svolto, sono caratteristiche utili per questo tipo di lavoro.

L'energy auditor, inoltre, deve mantenersi costantemente aggiornato sulle nuove tecnologie, che possono diventare opportunità per implementare nuove misure.

6

Sesto Capitolo

PIANO DI EFFICIENTAMENTO DEGLI IMMOBILI PUBBLICI

6.1 Piano di azione nazionale sull'efficienza energetica del settore pubblico

L'Italia ha posto la promozione dell'efficienza energetica tra le priorità della sua politica energetica nazionale, alla quale associa il perseguimento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico, della riduzione dei costi dell'energia per le imprese e i cittadini, della promozione di filiere tecnologiche innovative e della tutela ambientale, anche in relazione alla riduzione delle emissioni climalteranti.

Le trasformazioni e le novità introdotte dalle normative in atto, nell'ambito dell'efficienza energetica degli edifici, indirizzano il Governo e le Regioni alla introduzione di nuovi standard, metodologie, nuovi strumenti normativi per le nuove edificazioni e per le riqualificazioni, specialmente per quanto riguarda gli edifici pubblici.

In questi ultimi anni, grazie anche al determinante impulso dell'UE, è emersa la necessità di promuovere l'efficienza energetica dei Paesi membri considerando, oltre le azioni specifiche sull'efficientamento energetico, la dimensione economico e sociale dello sviluppo, intesa anche come occasione per migliorare la competitività e la ricerca, sempre nel sostegno di una crescita basata su maggiore occupazione e produttività.

Indicazioni, che il primo Piano d'Azione Nazionale per l'Efficienza Energetica (PAEE 2007), presentato a luglio del 2007 in ottemperanza della Direttiva 2006/32/CE, ha considerato nell'individuazione delle misure per il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica e dei servizi energetici. Temi ripresi e implementati, in considerazione della nuova Direttiva 2010/31/CE, nel Piano d'Azione Europeo per l'Efficienza Energetica 2011, in cui si è rimarcato il ruolo dell'efficienza energetica come strumento imprescindibile di riduzione dei consumi nell'ambito dei Paesi Membri nel raggiungimento dell'obiettivo più ambizioso del 20% al 2020 e al fine di avviare concretamente un'economia efficiente delle risorse. In parallelo, anche il Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili (PAN), emanato in recepimento della Direttiva 2009/28/CE, fornisce indicazioni e requisiti nel settore dell'efficienza energetica inducendo a valutare gli obiettivi della Direttiva 2006/32/CE in un contesto strategico anche al di fuori dei propri ambiti.

L'impulso a migliorare l'efficienza energetica negli edifici è stato dato, principalmente, dalla Direttiva Europea 2002/91/CE, nota come EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), emanata con l'obiettivo di migliorare le prestazioni energetiche del settore civile, da anni riconosciuto come uno dei settori

a cui imputare i maggiori consumi negli usi finali di energia e delle maggiori emissioni di gas climalteranti a livello europeo e nazionale. Il problema è particolarmente sentito in Italia, notoriamente caratterizzata da un parco edilizio poco performante dal punto di vista energetico, se rapportato alla relativa mitezza del clima. La Direttiva ha così dato il via ad una serie di azioni e provvedimenti che, nel nostro Paese, si sono rivolte all'aggiornamento del quadro legislativo di riferimento e all'adeguamento delle relative norme tecniche.

Questa direttiva è stata modificata e integrata, poi, dalla nuova direttiva 2010/31/CE che rafforza l'obiettivo della riduzione dei consumi e, tra gli altri provvedimenti da recepire, impone di rispettare, a partire dal 2018, per i nuovi edifici del settore pubblico, edifici a consumo energetico quasi zero (Nearly Energy Zero Building) e per quelli oggetto di riqualificazioni risultati di massima efficienza energetica in considerazione del fattore costo/beneficio, mentre dal 2020 tale obbligo sarà esteso a tutti i nuovi edifici pubblici e privati.

In questo panorama il Governo e le Regioni hanno emanato leggi e provvedimenti finalizzati al raggiungimento della massima efficienza energetica negli edifici. Tra i provvedimenti, emanati dal Ministero dello Sviluppo Economico, si segnalano in particolare le Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica degli Edifici per l'attuazione del D. Lgs. 192/2005, che recepisce la direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, il D.Lgs 115/08 promulgato in attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia per i servizi energetici e il decreto, in fase di preparazione per aggiornare il Dlgs 192/05, che conterrà anche alcune misure che terranno conto della direttiva 2010/31/CE e del suo recepimento.

Inoltre è stato emanato il Dlgs 3 marzo 2011 n. 28, in attuazione della direttiva 2009/28/CE, che prevede provvedimenti immediatamente operativi e altri di medio e lungo periodo.

6.2 L'edilizia pubblica di terziario

Il PAEE 2011 ha lo scopo di accelerare e assicurare l'attuazione dei programmi di efficienza energetica.

Dall'esame della situazione attuale emerge che le misure scelte per rispondere all'obiettivo, hanno impatti immediati e numericamente rilevanti in termini di

garanzia di riduzione dei consumi energetici e meno quantificabili in quelle a più medio-lungo termine, laddove si interviene strutturalmente sul Sistema. Inoltre il Piano evidenzia che il settore edilizio è quello sul quale è opportuno e utile concentrare gli interventi. In particolare interventi di efficientamento del parco edilizio pubblico sono assolutamente da favorire ed incentivare per le ricadute che hanno sul territorio come “Best Practise” da riprodurre anche in ambito privato; questo anche per rispettare le prescrizioni che la direttiva 2010/31/UE prevede per gli immobili pubblici.

Ma se dal punto di vista della realizzazione di nuovi edifici pubblici la problematica è di natura prettamente tecnica ma anche un po' economica visto il momento di crisi finanziaria che sta vivendo l'Italia, il problema è di definire un intervento di riqualificazione energetica del parco immobiliare esistente interventi con tempi di ritorno brevi.

Per una stima della misura si è tenuto conto della effettiva applicabilità degli interventi per l'efficienza energetica, al rapporto costo beneficio e alla modularità delle operazioni che riguardano:

- involucro edilizio: si è fatto riferimento ai parametri standard prescritti dal DLgs 192/05 e s.m.i che investono opere di coibentazioni dell'involucro, la sostituzione di infissi elementi schermanti ecc;
- impianti termici ed elettrici: sono stati considerati interventi integrati come la sostituzione dell'impianto termico esistente con un nuovo impianto ad alta efficienza, laddove necessario, e l'applicazione di sistemi di BEMS (Building Energy Management System) per la gestione dell'intero sistema elettrico dell'edificio.

Per la determinazione della consistenza del parco immobiliare e della sua distribuzione sul territorio nazionale si è proceduto tramite l'AdP MiSE ENEA Ricerca del Sistema Elettrico ad una ricerca (CRESME, ENEA) che ha portato alla definizione e caratterizzazione della consistenza immobiliare di alcuni settori del terziario tra cui quello relativo agli uffici pubblici e privati.

I calcoli per la valutazione dei risparmi conseguibili al 2020 dagli edifici pubblici ad uso ufficio, sottoposti a interventi di efficientamento, sono stati eseguiti sull'80% del numero totale, considerando il restante 20% costituito da edifici

soggetti a vincoli architettonici, edifici per i quali gli interventi non presentano un conveniente rapporto costi/benefici.

6.3 Diagnosi e valutazione del patrimonio pubblico: il caso studio del comune di Albinea (RE)

Le recenti normative sulla certificazione energetica, nonché la forte sensibilità degli Amministratori, hanno permesso che si attuasce una campagna di analisi energetiche (denominate diagnosi) su tutti gli immobili alla data odierna, di proprietà o in possesso dell'Ente (settembre 2009). Tale "analisi" mira a mettere in luce i fabbisogni energetici, ma non solo quelli per la climatizzazione invernale, produzione di ACS, ed in parte l'estivo, ma anche il fabbisogno di energia elettrica di rete per tutti gli usi, al fine di predisporre i certificati energetici, nonché opere di miglioramento del rendimento energetico degli edifici stessi.

Elenco degli immobili oggetto di valutazione

EDIFICIO	LOCALIZZAZIONE	STATO D'USO	NOTE
Scuola media ed elementare	Via Orsi 54/A Borzano	In uso	
Sede Municipale	Piazza Cavicchioli Albinea	In uso	
Centro educazione ambientale	Via Chierici 2 Borzano	In uso	Stesso edificio del centro archeologico e acetaia
Magazzino e deposito comunale.	Via da Torricella 5/A Albinea	Utilizzato ma in dismissione	
Uffici palestra del circolo tennis	Via Grandi 6	In uso	
Centro civico e sala civica	Via Procioni 1/1	In liquidazione	

Villa Tarabili	Via Garibaldi	In ristrutturazione	
Scuola comunale dell'infanzia	Via Malaguzzi 6	In uso	
Biblioteca	Via Moranti	In uso	Non valutato in quanto oggetto di certificazione Ecoabita
Scuola elementare	Via Giotto Bondone	In uso	Con mensa
Scuola media Albinea	Via Quasimodo 2	In uso	
Ex - Biblioteca	Via Caduti Libertà 10	Dimessa	Con centro sociale anziani
Canile comunale	Via Varisco 22	In uso	
Cimitero Montericco	Via Don Barigazzi 5	In uso	
Cimitero Botteghe	Via Pareto 27	In uso	
Cimitero Borzano	Via Ariosto 4B	In uso	
Asilo nido	Via Vinceti 19	In uso	
Asilo nido part time	Via V.Emanuele II 17	In uso- locali in affitto	
Verde pubblico Cosmi	Via Cosmo Cosmi 1	In uso	Nessun edificio
Verde pubblico Giotto	Via Giotto 7/A	In uso	Nessun edificio

Circolo tennis	Via Grandi 6	In uso	
Palestra Borzano	Via Ariosto 54/a	In uso	
Campo sportivo Borzano	Via Gramsci 1B	In uso	
Campo sportivo poggio	Via Alighieri 5	In uso	

Fasi preliminari di lavoro

L'amministrazione cittadina ha mostrato da tempo, una particolare sensibilità alle tematiche dell'ambiente e del risparmio energetico.

Il lavoro sviluppato durante la valutazione energetica degli immobili pubblici proprio per definizione, ha cercato non solo di fornire una realistica fotografia dello stato di fatto energetico degli "edifici " ma soprattutto di delineare gli indirizzi e le linee guida, secondo cui attuare lo sviluppo futuro.

In linea con questo modus operandi, gli sforzi iniziali sono stati interamente dedicati alla ricostruzione del grande "affresco" energetico caratteristico del contesto territoriale oggetto dello studio, selezionando accuratamente le fonti e prestando la massima cura nell'implementazione dei dati raccolti.

Il riferimento di indagine seppur limitato numericamente, risultava assai complesso essendo costruito da un aggregato eterogeneo di utenze a loro volta caratterizzate da una molteplicità di peculiari necessità, diverse dotazioni impiantistiche, nonché diverse gestioni (vedi global service). Tutte queste variabili, insieme concorrevano a comporre il quadro energetico generale degli edifici del Comune.

Si precisa che trattandosi di una valutazione sul patrimonio immobiliare non è stato valutato l'energy pattem dell'illuminazione pubblica essendo la stessa gestita e mantenuta da un soggetto terzo.

Metodologia di lavoro

Le banche dati analizzate durante l'istruttoria necessaria alla preparazione delle valutazioni energetiche, si sono mostrate fin dal principio estremamente disomogenee per tipologia di fonte (ENEL, GESTA, EMA), per metodologia di elaborazione, per incompletezza delle informazioni raccolte. L'organizzazione e l'implementazione dei dati è stata complessa e laboriosa.

In particolare per acquisire i dati di valutazione si sono analizzate le bollette di fornitura dell'energia elettrica di circa 3 anni, riuscendo in alcuni casi a ricostruire anche 5 anni. Per il consumo di gas naturale, e di gasolio si è seguito lo stesso metodo di lavoro registrando i dati dalle fatture. In alcuni edifici avendo a disposizione la contabilità di cantiere si sono ricostruiti i dati delle stratigrafie murarie.

Valutazione dei parametri ambientali

La conoscenza dei dati sui consumi dei singoli immobili ha consentito di ricostruire il relativo quadro emissivo.

Una volta note le quantità in volume o in massa dei diversi combustibili fossili e il consumo elettrico, le emissioni di anidride carbonica annualmente emessa in atmosfera dalle "centrali" mediante i fattori forniti dall'inventario nazionale UNFCC delle emissioni di CO₂ elaborato in osservanza della Direttiva 2004/156/CEE.

Nella tabella sono riepilogati i valori di potere calorifico inferiore, fattore di emissione, coefficiente di ossidazione utilizzati per la stima delle emissioni climalteranti.

TIPI	Unità di misura usata per	Fattore di emissione (tco ₂ /unità)	Coefficiente di ossidazione	PCI di riferimento	Unità di misura PCI
------	---------------------------	--	-----------------------------	--------------------	---------------------

	esprimere il consumo di combustibile	di misura)	IPCC		
Gas naturale	Tco2/MWH	0,22	0,995	9,811	KWh/smc
Gasolio per riscaldamento	Tco2/MWH	0,268	0,990	1,019	Tep/t
Mix elettr.nazionale	Tco2/MWH	0,531	//	0	//

Valutazione degli edifici

La comunicazione di Gesta ha rappresentato il principale riferimento utile alla definizione del bilancio energetico del settore fornendo informazioni sui consumi di gas naturale relativamente alle annate 2006-2007-2008 per gli usi di riscaldamento, produzione acqua calda e consumi domestici.

Il Comune, ufficio economato, ha fornito tutte le bollette elettriche degli anni 2006-2007-2008 che sono state elaborate per estrapolare i dati utili alla valutazione.

Il bilancio energetico degli edifici ha evidenziato alcuni aspetti particolarmente caratterizzanti che si sintetizzano:

1. i fabbisogni di energia termica per la climatizzazione invernale sono soddisfatti per la quasi totalità mediante sistemi alimentati a gas naturale, solo il 20% circa è servito da centrali con combustibile a gasolio
2. i fabbisogni di energia hanno trend differenti. Quello di energia per la climatizzazione ha andamento non regolare essendo comunque legato alle condizioni reali di lavoro e alla climatologia esterna.
3. Il fabbisogno di energia elettrica mostra un trend in crescita costante legato alla diffusione dei sistemi per la climatizzazione estiva.

L'efficienza energetica negli edifici. I requisiti obbligatori e l'applicazione della dal 156/08 della Regione Emilia Romagna

L'adozione e approvazione della delibera regionale sull'efficienza energetica dell'edilizia ed i recenti decreti nazionali (DPR 59/09 e DM del luglio 09) hanno ribadito la necessità di adottare il massimo impegno nel perseguire l'efficienza energetica negli edifici.

L'applicazione di tali norme porterà a benefici importanti in campo energetico ed ambientale. L'aspetto più importante, che è lo scopo del presente studio; è la messa in luce delle carenze e delle migliorie possibili analizzando il payback time e la promozione di interventi con le fonti rinnovabili.

La valutazione energetica è fatta secondo le metodologie previsti all'allegato della DAL 156/08 ed utilizzando come norme tecniche di supporto le UNI o le EN.

Con l'introduzione della classificazione energetica regionale valutare l'attitudine dell'edificio ad essere "risparmioso" dal punto di vista energetico è percepibile dall'etichettatura energetica.

La classificazione riguarda l'indice di prestazione energetica totale alle classi energetiche

$$EP_{tot} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

Attualmente la norma tecnica di supporto alla legislazione è la serie UNI TS 11300. La classificazione energetica per tutti gli edifici oggetto del presente elaborato, secondo quanto previsto dalla Delibera 156/2008 è la seguente:

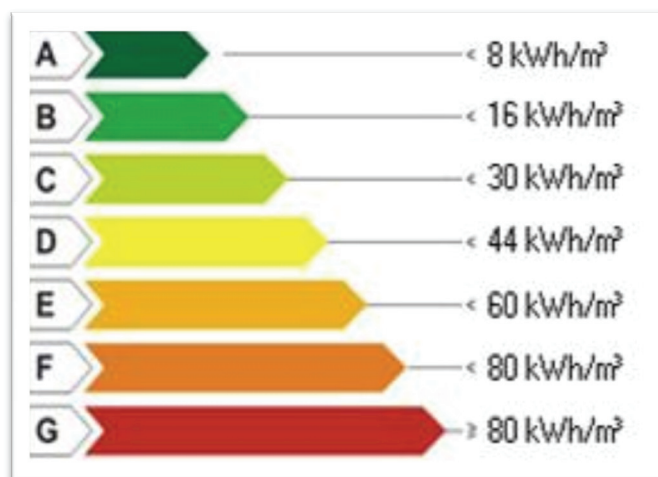


Figura 1: CLASSIFICAZIONE ENERGETICA SECONDO I PARAMETRI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA PER GLI EDIFICI NON EI

Metodologia di lettura dei consumi energetici

I consumi effettivi di combustibile derivanti da letture dirette al contatore da parte del gestore del servizio di manutenzione (Global Service) sono state trattate in maniera conforme a quanto previsto sulla norma UNI TS 11300-2 capitolo 7.

In particolare GESTA ha fornito la somma dei consumi di gas naturale desumendole dalle bollette annue in funzionerei giorni di effettiva accensione secondo quanto previsto da legge o proroghe/anticipi avvenute per adunanze sindacali.

Secondo quanto previsto da UNI TS 11300-2 la lettura fornita, nel periodo di riscaldamento equivale ad un consumo totale somma dei seguenti addendi:

Dove

CO_h = consumo per climatizzazione invernale

CO_w = consumo per produzione ACS

$CO_{cottura}$ = consumo per usi di cucina

CO_{altri} = altri consumi di gas naturale

A seguito delle letture trasmesse nella tabella a seguito allegata per ogni utenza, si indica l'uso del combustibile

Edificio	Localizzazione	Tipo di utenza	Note
Asilo nido	Via Vinceti	Climatizzazione + Acs	$CO_{ril.tot} = CO_h + CO_w$
Ex biblioteca	Via Caduti Libertà	“	“
Campo sportivo Borzano	Via Gramsci	“	“
Campo sportivo “Poggio”	Via Alighieri	“	“
Uffici palestra campo tennis	Via Grandi	“	“
Municipio	Piazza Cavicchioni	“	“
Palestra Borzano	Via Ariosto 54/A	“	“
Circolo tennis	Via Grandi	“	“

Scuola elementare+ palestra	Via Giotto Bondone	“	“
Scuola comunale infanzia	Via Malaguzzi 6	Climat.+acs+cottura+UTA	CO=Coh+Co w+Co cott.+ Co varie
Scuola media Alb+materna	Via Quasimodo	Climat.	Co= Co h
Scuola media +elem. Borzano	Via Orsi 54/A	Invernale	Co=Co h
Centro educazione ambientale (*)	Via Chierici	Invernale + ACS	Co=Co h + Co w
Magazzino (*)	Via da Torricella	Invernale	Co= Co h
Centro civico (pro loco) (*)	Via Morandi 9	Risc. Condominiale	
Asilo nido part time(*)	Via V. Emanuele		

(*) non è possibile eseguire valutazione mediante consumi diretti avendo l'immobile un profilo d'utenza non regolare e quindi non rientra nella metodologia standard di valutazione.

Ai consumi di combustibile dovranno essere aggiunti i consumi (energia) elettrici degli ausiliari all'impianto di climatizzazione e produzione ECS. Ovviamente trattandosi di grandezze energetiche non omogenee si trasformerà l'energia elettrica in termica secondo i coefficienti di conversione forniti da AAEG.

L'energia elettrica che viene consumata durante il periodo di riscaldamento è così esprimibile:

$$Q_{H,aux} = Q_{aux,e} + Q_{aux,d} + Q_{aux,gn}$$

Dove

$Q_{h,aux}$ = fabbisogno totale di energia elettrica degli ausiliari

$Q_{aux,e}$ = fabbisogno totale energia elettrica degli ausiliari nel sottosistema di emissione

$Q_{aux,d}$ = fabbisogno totale energia elettrica degli ausiliari nel sottosistema di distribuzione

$Q_{aux,gn}$ = fabbisogno totale energia elettrica degli ausiliari nel sottosistema di generazione

Non essendo disponibile il reale consumo di tali parti di impianto, così come previsto da norma TS 11300-2 punto 6.7 si procede alla stima con metodo di calcolo basato su parametri di riferimento.

All'interno di ogni scheda di immobile sarà possibile evincere i dati sopra riportati.

Analisi dei dati climatici

Al fine di poter valutare al meglio la prestazione energetica in funzione dei dati reali per poter attuare quanto previsto dalla Uni EN 15603, si sono desunti i dati meteorologici reali partendo dai rilevamenti fatti dalle centraline meteo climatiche di ARPA (www.dexter.it).

Il Comune di Albinea non è coperto da centralina registratrice, pertanto si sono dovuti utilizzare i dati climatici di Cavriago. Le condizioni ambientali (in senso ampio del termine) sono simili ma per ovvie caratteristiche ritrovare le stesse condizioni di temperatura media dell'aria in due località differenti è statisticamente molto difficile. L'errore indotto da questa assunzione potrebbe essere importante, ma non avendo termini di confronto si ritiene corretto trascurarlo dal momento che entra direttamente in un'ulteriore elaborazione.

Un altro aspetto riguarda i giorni di effettiva accensione degli impianti di climatizzazione. Ricostruendo le ordinanze del sindaco (ai sensi del DPR 412/93) nelle varie annate a seguito vengono calcolati i giorni reali di accensione:

Annata	Periodo di riscaldamento	Giorni effettivi
Anno termico da DPR 412/93	15/10 – 15/04	183
2006-2007	15/10/06 – 15/04/07	183
2007-2008	15/10/07 – 30/04/08	198
2008-2009	29/09/08 – 30/04/09	214

Per determinare i gradi giorni reali per ognuna di queste annate termiche si è proceduto seguendo le indicazioni della norma UNI TS 11300-1 e della UNI 10349 a definire tale quantità secondo la relazione (anche se a priori per il calcolo dei gradi giorno non vi una definizione univoca):

$$GG = \sum (\vartheta_{i,nd} - \vartheta_e) * t_m$$

Dove

$\vartheta_{i,nd}$ =temperatura interna di progetto (20°C per tutte le categorie tranne E6(2) che è pari a 18°C)

ϑ_e =temperature media giornaliera rilevata

t_m =giorni mese di effettivo riscaldamento

Annata	Periodo di riscaldamento	Giorni giorno	
		Tutte tranne E6(2)	E6(2) e E8
Anno termico da DPR 412/93	15/10 – 15/04	2408	2408
2006-2007	15/10/06 – 15/04/07	2265	1908
2007-2008	15/10/07 – 30/04/08	2681	2283
2008-2009	29/09/08 – 30/04/09	2801	2195

Regime di attivazione dell'impianto – profilo d'uso

Nella valutazione del fabbisogno energetico una notevole importanza è rappresentata dal regime di attivazione dell'impianto termico, ossia dalle ore di accensione del generatore di calore e degli altri sottosistemi.

Nell'Atto regionale (D.A.L 156/2008 e smi) nell'allegato 2 tra le definizioni si trova indicato che i calcoli dell'efficienza energetica sono da svolgere in regime di attivazione continua, ossia con un'accensione di 24 ore su 24.

[...] fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale: quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso dell'anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, in regime di attivazione continua. Analogamente per il fabbisogno per la climatizzazione estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la illuminazione artificiale degli ambienti.[...]

Considerando che Albinea è in zona climatica E, i giorni di accensione dell'impianto sono 183, moltiplicando tali giorni per 24 ore significa che per la stagione di riscaldamento le ore totali sono 4392.

Tale dato è standardizzato per il calcolo di progetto e di certificazione energetica, ma si discosta moltissimo dal dato reale di uso. In generale questa differenza, specialmente per edifici ad uso pubblico. Come prevede il DPR 412/93 che in termine di gestione all'art 9 prevedeva che il limite di accensione degli impianti in zona climatica E fosse 14 ore (regime di attivazione denominato continuo con attenuazione notturna), permette anche per particolari edifici anche il regime di attivazione intermittente ossia una quantità di ore ripetute (circa 4) tutti i giorni.

Dai dati di consumo di vari edifici, fra i quali alcuni edifici di cui è possibile avere i consumi, di alcuni anni mettono in evidenza che il comportamento reale dell'utenza è molto simile al regime di attivazione intermittente con un profilo giornaliero di circa 8 ore di accensione.

Zona Climatica	E
Gradi giorno (tab A DPR 412/93)	2408
Giorni di riscaldamento del periodo invernale	183
Ore di attivazione in regime di funzionamento continuo (profilo standardizzato)	4392
Ore di attivazione in regime di funzionamento intermittente (profilo	800

reale)	
--------	--

Ai fini della presente relazione i fabbisogni energetici verranno conteggiati in entrambe i profili d'uso. Si precisa che il fabbisogno di acqua calda sanitaria non dipende dalle ore di accensione dell'impianto, ma dall'uso annuo dell'impianto dedicato, pertanto non è soggetto a valutazioni sulle ore di accensione, ma è standardizzato rispetto ai 365 giorni

Analisi complessiva dei consumi

Da tutti i dati a disposizione mediante letture dei consumi (enel e gesta) è possibile stilare un'analisi complessiva dei consumi, dei TEP consumati, nonché delle emissioni di gas climalteranti durante l'anno. Prima di redigere tale analisi è necessario analizzare alcuni dati importanti:

1. l'anno civile e l'anno termico in termine di consumi energetici da vari vettori energetici non coincidono quindi siccome il bilancio di TEP e emissioni termico si fanno per anno civile si deve riparametrizzare i consumi in funzione dell'anno civile (si inserisce tabella)
2. i fattori di conversione da energia primaria in TEP sono tratti da www.ermesenergia.it

Fonte di energia	kg ep	kWh
1 kg olio combustibile	1,010	11,744
1 kg benzina	1,051	12,221
1 kg gasolio	0,950	11,047
1 l di gasolio	0,789	9,169
1 kg di GPL	1,099	12,779
1 l di GPL	0,560	6,517
1 mc di GPL	2,055	23,897
1 kg di GN	1,126	13,093
1 Smc di GN	0,820	9,535
1 kg legname (umidità 25%)	0,330	3,837
1 kg rifiuti	0,217	2,523
1KWhe	0,215	2,5
1KWht	0,086	1

3. Non è possibile analizzare i fabbisogni energetici reali di ogni edificio in quanto alcuni, specialmente quelli dismessi o in corso di dismissione, non hanno utenze da registrare.

Anno 2006					
Edificio	Consumi Energia elettrica (KWh)	GG anno civile	Consumo combustibile anno civile (Nmc)	TEP	CO2 (t)
Tutti edifici in uso e climatizzati	588055	944	220026		
Edifici non climatizzati ¹	129814		-		
Totale	717869		220026	404,78	429,82

¹ Ricadono in questa categoria anche quegli edifici di cui non sono noti i dati di consumo termico.

Anno 2007					
Edificio	Consumi Energia elettrica (KWh)	GG anno civile	Consumo combustibile anno civile (Nmc)	TEP	CO2
Tutti edifici in uso e climatizzati	583517	2453	175701		
Edifici non climatizzati ²	114435		-		
Totale	697952		175701	390,26	399,28

Anno 2008					
Edificio	Consumi Energia elettrica (KWh)	GG anno civile	Consumo combustibile anno civile (Nmc)	TEP	CO2
Tutti edifici in uso e climatizzati	533434	2767	197269		
Edifici non climatizzati ³	242392		-		

² Ricadono in questa categoria anche quegli edifici di cui non sono noti i dati di consumo termico.

³ Ricadono in questa categoria anche quegli edifici di cui non sono noti i dati di consumo termico.

Totale	775826		197269	433,97	471,08
--------	--------	--	--------	--------	--------

Facendo il grafico di quanto appena sostenuto si vede che nel triennio di analisi il trend è stato “altalenante” con un deciso incremento di consumi nell’ultimo anno di valutazione.

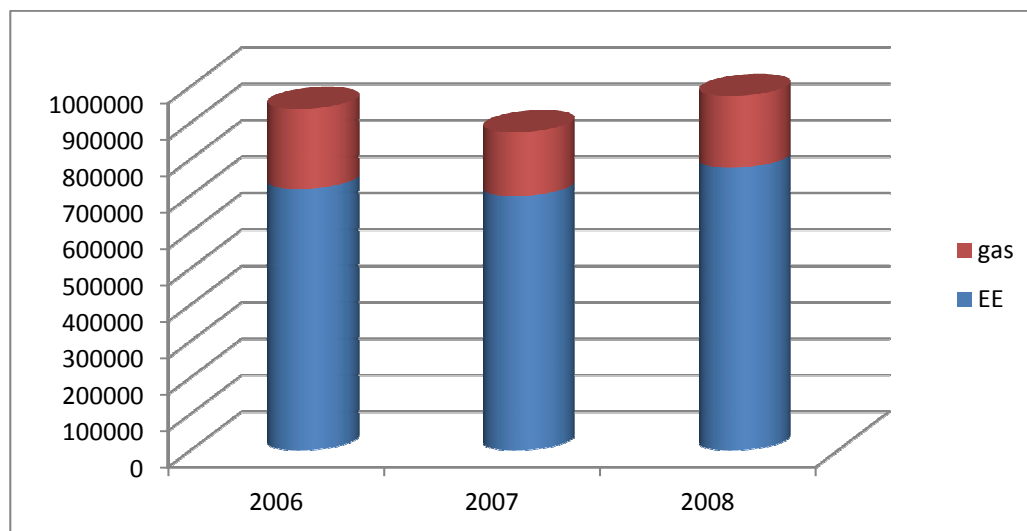


grafico 1: andamento dei consumi totali nel triennio

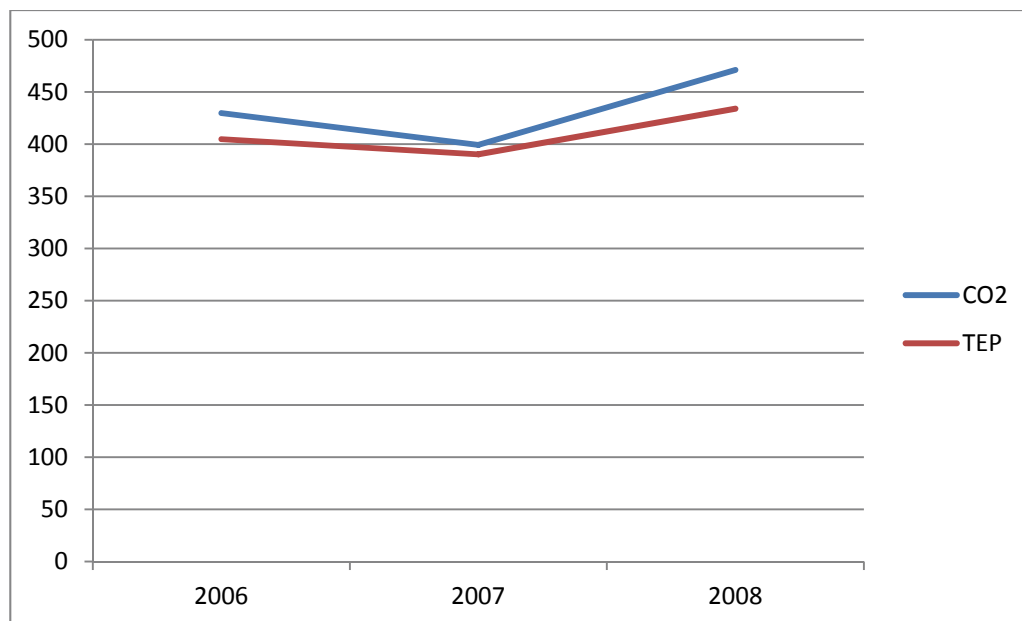


grafico 2: andamento delle emissioni di CO2 e TEP

A seguito si inseriscono alcune diagnosi e certificazioni svolte per alcuni edifici analizzati

ASILO NIDO “L’AQUILONE”

VIA VINCETI

*Descrizione sommaria*

Si tratta di un edificio su un unico piano fuori terra realizzato circa negli anni Ottanta. E' una struttura in prefabbricato con tetto piano tipica di quegli anni. Recentemente (fine anni Novanta) è stata ampliata e connessa alla scuola materna attraverso una passerella in plexiglass.

Dati geometrici e involucro

Volume riscaldato	4168	Mc
Superficie Utile Termica	947	Mq

Superficie disperdente	2776	Mq
Rapporto di Forma (S/V)	0.66	m-1
Numero di fruitori	93 Bimbi + 4 Maestre	
Tipologia di chiusure	Opache vetrate	Prefabbricate in CA e laterizio interno
	Opache orizzontali di copertura	Prefabbricata piana
	Orizzontali di basamento	Vespaio in ghiaia e magrone
	Trasparenti	Telaio in legno con doppia vetrocamera
Categoria da DPR 412/93	E.7	

Dati impiantistici

Combustibile per climatizzazione invernale	Gas Naturale
Combustibile per ACS	Gas Naturale
Illuminazione e ausiliari	Energia elettrica acquistata in regime di libero mercato da Enel Energia
Generatore di calore (invernale e ACS)	Buderus Logano G 324 L
	Pn = 92 Kw
	Pf= 100 KW

	$\eta_{100\%} = 91\%$
Distribuzione	4 pompe a giri variabili Grundfos per impianto di climatizzazione
	1 pompa ACS da bollitore + 1 pompa di ricircolo
	Tubazioni annegate a pavimento, si presuppone a debole /inesistente isolamento (edificio realizzato ante DPR 412/93)
Regolazione	Telecontrollo remoto in centrale
	Sonda climatica esterna in CT
	Valvole termostatiche sui radiatori
Emissione	Termosifoni a colonne in ghisa

Consumi rilevati

Anno	Gas naturale (fonte: Gesta)	Energia elettrica (fonte: Enel Energia)	
		Attiva	Reattiva
2006	15005	19918	8643
2007	13121	19777	8303
2008	16833	19674	7524

Dati energetici per la valutazione energetica

Anno	Gas Naturale	Energia elettrica ⁴ (solo ausiliari Uni Ts 11300-2)
2006	15005	311,57
2007	13121	311,57
2008	16833	311,57

Fabbisogno energetico primario annuo per climatizzazione invernale e ACS

Anno	Qh+Qw
2006	142407,12 KWh
2007	124622,17 KWh
2008	159663,45 KWh

⁴ Vedi calcoli in allegato

Classificazione energetica

Regime di Funzionamento reale

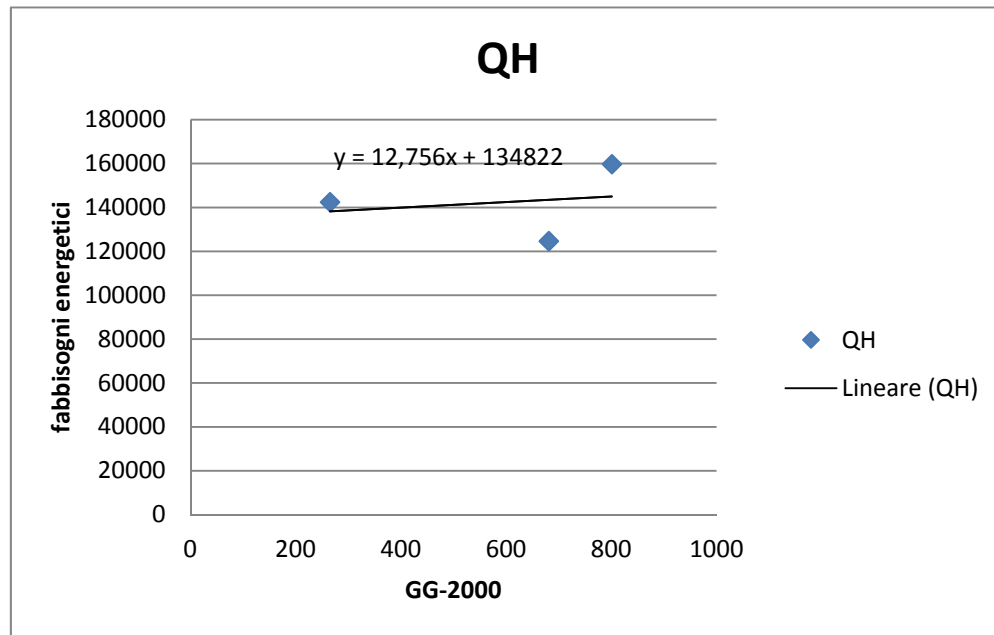
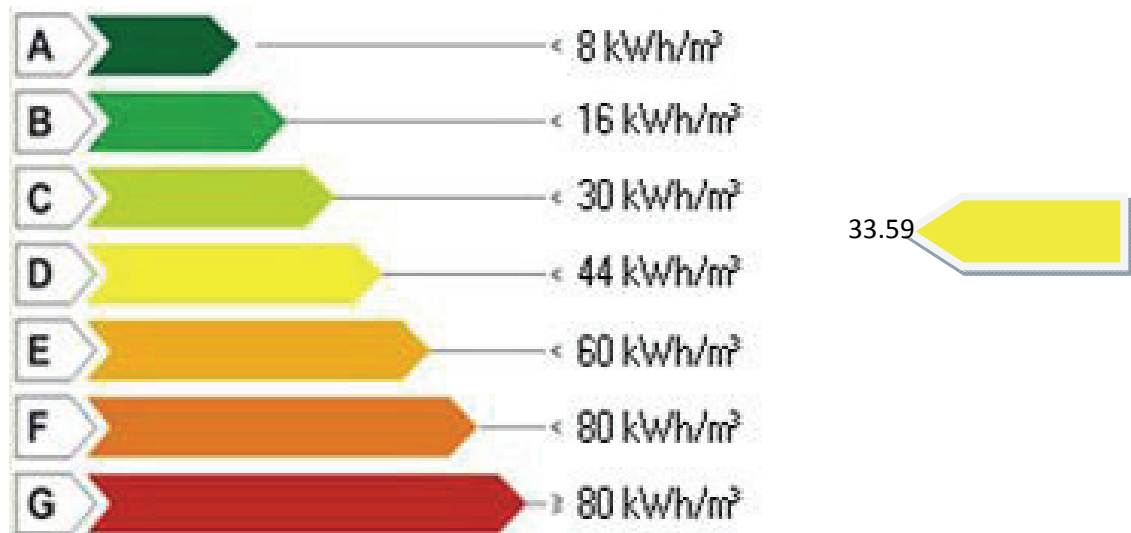
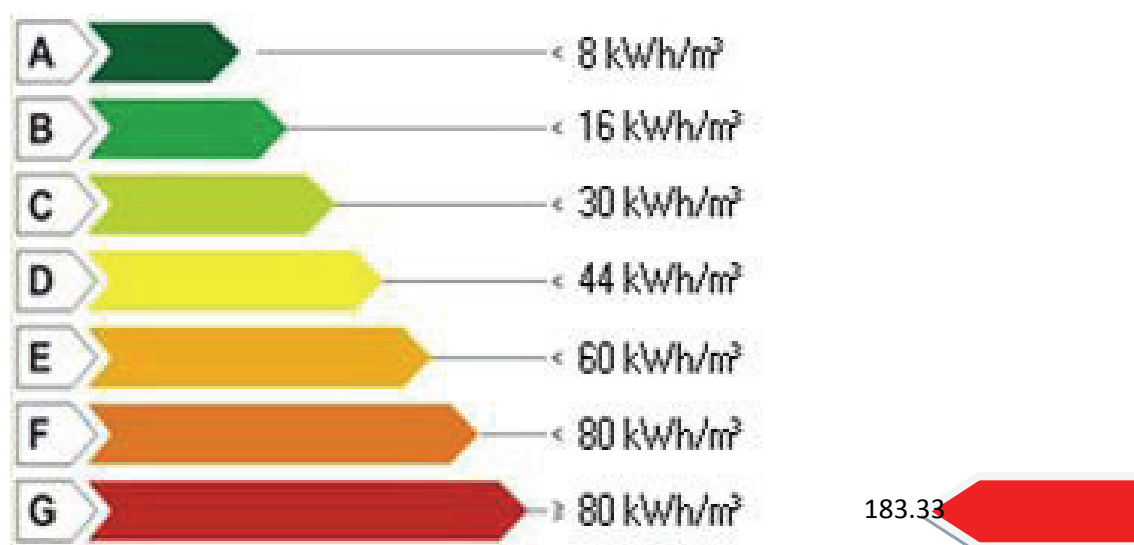


grafico 3: REGRESSIONE LINEARE DEI CONSUMI ENERGETICI REALI

Fabbisogno energetico	139988,2 KWh/a
EPtot	33.59 KWh/mc a
Classe energetica	D



Regime standardizzato: Classe (certificazione Energetica)	
Fattore di correzione sul comportamento utente	$4392/800 = 5.49$
Fabbisogno energetico	768535.22 KWh/a
EP _{tot}	183.38 KWh/mc a
Classe energetica	G



Classificazione energetica nel caso fosse ristrutturato integralmente: (limiti Dal 156/2008)	EPI	EP acs	EP tot	Classe
	20.48	2.12	22.6	C

Altri aspetti rilevati

In termini di valutazioni energetiche non potendo estendere il concetto di classificazione energetica a tutti i consumi energetici dal momento che l'atto di indirizzo regionale riguarda solamente il fabbisogno invernale e acqua calda sanitaria, si procede a valutare le peculiarità emerse nello studio dividendo la linea termica da quella elettrica.

Linea Termica	Intervenire sull'involucro termico attraverso la coibentazione maggiore della copertura
	Intervenire sull'involucro termico attraverso la coibentazione delle pareti

	verticali
	Inserire ove possibile un sistema di Ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore
	Sostituire la caldaia con una caldaia a condensazione o cogeneratore a servizio anche della mensa e della scuola materna, dimensionata opportunamente
Linea Elettrica	Rifasare opportunamente l'impianto al fine di poter ridurre l'energia reattiva
	Installare sul tetto piano un impianto fotovoltaico di almeno 17 KW una volta rifasato l'impianto
	Utilizzare lampade a led nelle zone utilizzate come corridoi e bagni

Ex Biblioteca e centro sociale anziani

Via caduti della Liberta' 12

Descrizione sommaria

Si tratta di un edificio su due piani fuori terra ed un piano parzialmente interrato. A piano terra ha sede un bar del centro sociale anziani, al piano primo collegato da una scala vi sono i locali che ospitavano fino a pochi mesi fa la biblioteca. Nel piano interrato vi sono locali di servizio. Ogni piano è gestito da una caldaia autonoma murale con la produzione integrata di acqua calda sanitaria istantanea.

Dal momento che non si ha la conoscenza completa dei consumi termici per entrambe le funzioni d'uso si procede alla diagnosi energetica mediante metodologia di rilievo per analogia costruttiva analizzando separatamente i due piani.

PIANO TERRA – CENTRO ANZIANI*Dati geometrici e involucro*

Volume riscaldato	722,80	Mc
Superficie Utile Termica	193,85	Mq
Superficie disperdente	486,75	Mq
Rapporto di Forma (S/V)	0.67	m-1
Numero di fruitori	50 persone giorno	
Tipologia di chiusure	Opache vetrate	Laterizio semipieno
	Opache orizzontali di copertura	Solaio latero-cementizio verso locale riscaldato

		superiore
	Orizzontali di basamento	Solaio latero cementizio non coibentato verso vano deposito non riscaldato sottostante
	Trasparenti	Telaio in alluminio con doppia vetrocamera + cassonetti per avvolgibili non coibentati
Categoria da DPR 412/93	E4.(3)	

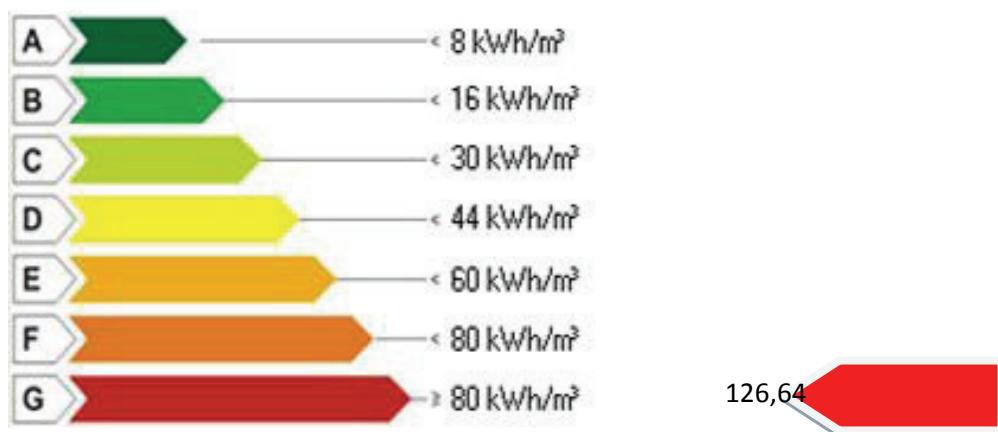
Dati impiantistici

Combustibile per climatizzazione invernale	Gas Naturale
Combustibile per ACS	Gas Naturale
Illuminazione e ausiliari	Energia elettrica
Generatore di calore (invernale e ACS)	Ferroli
	P _n = 26 Kw
	P _f = 30 KW
	$\eta_{100\%} = 91\%$
Distribuzione	1 circolatore inserito nella caldaia
	1 pompa ACS da caldaia

	Tubazioni annegate a pavimento, si presuppone a debole /inesistente isolamento (edificio realizzato ante DPR 412/93)
Regolazione	Cronotermostato nell'ambiente principale
Emissione	Termosifoni a colonne in ghisa

Risultato della valutazione energetica

Regime standardizzato (certificazione Energetica)				
Fabbisogno energetico Invernale	768535.22 KWh/a			
EPi	116.79 KWh/mc a	EPi lim	20.25	
EP acs	9.85 KWh/mc a	EP acs lim	3.15	
EPtot	126.64 KWh/mc a			
Classe energetica	G			



Altri aspetti rilevati

In termini di valutazioni energetiche non potendo estendere il concetto di classificazione energetica a tutti i consumi energetici dal momento che l'atto di indirizzo regionale riguarda solamente il fabbisogno invernale e acqua calda sanitaria, si procede a valutare le peculiarità emerse nello studio dividendo la linea termica da quella elettrica. Nella fattispecie del presente edificio termico non è possibile indicare alcun dato sulla linea elettrica non essendo disponibili i dati tecnici.

Linea Termica	Intervenire sull'involucro termico attraverso la coibentazione maggiore del piano verso deposito
	Intervenire sull'involucro termico attraverso la coibentazione delle pareti verticali
	Inserire ove possibile un sistema di Ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore
	Sostituire la caldaia con una caldaia a condensazione o cogeneratore a servizio anche del piano superiore

Linea Elettrica	Analizzare i consumi elettrici da letture di bolletta
-----------------	---

PIANO PRIMO – EX BIBLIOTECA

Dati geometrici e involucro

Volume riscaldato	722,77	Mc
Superficie Utile Termica	187,56	Mq
Superficie disperdente	476,75	Mq
Rapporto di Forma (S/V)	0.66	m-1
Numero di fruitori	30 persone/gg	
Tipologia di chiusure	Opache vetrate	Laterizio semipieno
	Opache orizzontali di copertura	Solaio latero-cementizio verso locale riscaldato superiore

	Orizzontali di basamento	Vespaio in ghiaia e magrone
	Trasparenti	Telaio in alluminio con doppia vetrocamera + cassonetti per avvolgibili non coibentati
Categoria da DPR 412/93	E4.(2)	

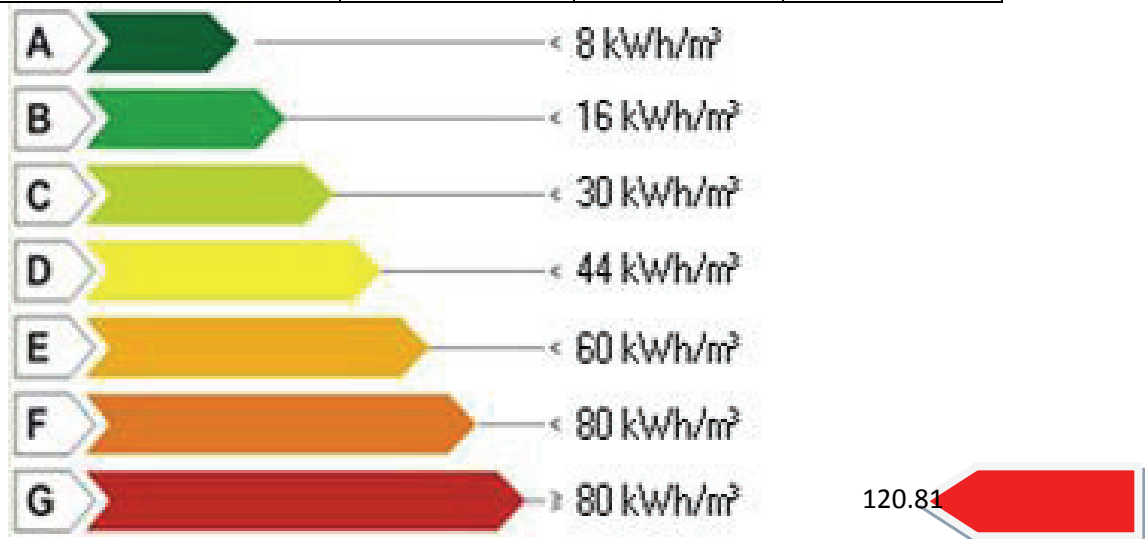
Dati impiantistici

Combustibile per climatizzazione invernale	Gas Naturale
Combustibile per ACS	Gas Naturale
Illuminazione e ausiliari	Energia elettrica
Generatore di calore (invernale e ACS)	Ferrolì
	P _n = 26 Kw
	P _f = 30 KW
	$\eta_{100\%} = 91\%$
Distribuzione	1 circolatore inserito nella caldaia
	1 pompa ACS da caldaia
	Tubazioni annegate a pavimento, si presuppone a debole /inesistente isolamento (edificio realizzato ante DPR 412/93)

Regolazione	Cronotermostato nell'ambiente principale
Emissione	Termosifoni a colonne in ghisa

Risultato della valutazione energetica

Regime standardizzato (certificazione Energetica)				
Fabbisogno energetico Invernale	83689.53 KWh/a			
EPi	115.79	EPi lim	20.34	
EP acs	5.02	EP acs lim	-	
EPtot	120.81 KWh/mc a			
Classe energetica	G			



Consumi energetici elettrici

Dalla valutazione delle bollette Enel è stato possibile registrare i consumi elettrici negli anni 2006-2007-2008. Ovviamente tali consumi sono molto differenti essendo l'edificio (la parte di edificio) utilizzata solo saltuariamente.

Anno	Gas naturale (non disponibile)	Energia elettrica (fonte: Enel Energia)	
		Attiva	Reattiva
2006	-	10120	nd
2007	-	8900	nd
2008	-	10712	2870

Altri aspetti rilevati

In termini di valutazioni energetiche non potendo estendere il concetto di classificazione energetica a tutti i consumi energetici dal momento che l'atto di indirizzo regionale riguarda solamente il fabbisogno invernale e acqua calda sanitaria, si procede a valutare le peculiarità emerse nello studio dividendo la linea termica da quella elettrica.

Linea Termica	Intervenire sull'involucro termico attraverso la coibentazione maggiore della copertura o il solaio sotto copertura
	Intervenire sull'involucro termico attraverso la coibentazione dei cassonetti dei serramenti
	Inserire ove possibile un sistema di Ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore
	Sostituire la caldaia con una caldaia a

	condensazione o cogeneratore a servizio anche del piano sottostante (cioè dell'intero immobile)
Linea Elettrica	Rifasare opportunamente l'impianto al fine di poter ridurre l'energia reattiva
	Installare sul tetto piano un impianto fotovoltaico di almeno 8 KW una volta rifasato l'impianto (o delocalizzarlo)
	Utilizzare lampade a led nelle zone utilizzate come corridoi e bagni oppure rilevatori di presenza che agiscono direttamente sull'accensione o spegnimento della stessa

EX CENTRO CIVICO E SALA CIVICA

VIA CROCIONI 1/1



Descrizione sommaria

Si tratta di una porzione di un edificio molto complesso e con varie destinazioni d'uso realizzato negli anni Settanta ove sorgeva il vecchio stabile del Comune. Tale edificio dal punto di vista energetico è “parzializzato” in varie zone ognuna servita da una centrale termica. Nella parte verso via Crocioni una parte dello stabile da interrato a tetto è di proprietà dell'Amministrazione ed ospita a piano interrato i locali tecnici, cantine, a piano terreno l'accesso, al primo piano la sala civica e al secondo piano gli uffici dei gruppi parlamentari. Lo stabile attualmente è in disuso.

SU tale immobile sono stati redatti i certificati energetici secondo quanto stabilito dal DAL 156/2008 per ogni mappale. Qui a seguito si riporta invece i dati dell'intero immobile essendo lo stesso connesso ad un'unica caldaia a gasolio.

Dati geometrici e involucro

Volume riscaldato	1636.81	Mc
Superficie Utile Termica	451.24	Mq
Superficie disperdente	775.04	Mq
Rapporto di Forma (S/V)	0.47	m-l
Numero di fruitori	-	
Tipologia di chiusure	Opache vetrate	Parete a cassa vuota in laterizio
	Opache orizzontali di copertura	Paretine e tavelloni
	Orizzontali di basamento	Vespaio in ghiaia e magrone
	Trasparenti	Telaio in legno con vetro semplice
Categoria da DPR 412/93	E.4(1)	Destinazione prevalente

6.4 Analisi dei fabbisogni del parco immobiliare e mezzi pubblici di Parma

In base ai dati forniti dai soggetti gestori e dai fornitori energetici è stato possibile analizzare lo stato dei fabbisogni energetici dei beni pubblici (immobili e non) dal 2003 al 2009 e quindi poter valutare i migliori interventi nell'ottica di maggiore sostenibilità ambientale e di convenienza economica.

All'interno del bilancio le maggiori voci sui fabbisogni della Pubblica Amministrazione sono da imputare a :

- *Edifici*: consumi termici per la climatizzazione invernale, estiva (se prevista), produzione di acqua calda sanitaria ed illuminazione
- *Illuminazione pubblica ed affini* : fabbisogni di tipo elettrico per l'illuminazione stradale, parchi, nonché i consumi elettrici degli impianti viabilistici di tipo semaforico
- *Consumi per mobilità*: consumi di combustibili del parco mezzi comunale

I dati in possesso sono ancora molto parziali ma già è possibile realizzare un bilancio in bottom up calato direttamente sulla realtà locale. I tassi di sviluppo dei fabbisogni sono molto relativi, nel senso che si stima che a fronte della sensibilità dell'Amministrazione, la stessa metterà in campo azioni mirate al risparmio ed efficienza energetica.

I fabbisogni sono altresì suddivisi per natura definendo

- “linea termica” quelli generalmente legati al riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria,
- “linea elettrica” tutto quanto alimentato da energia elettrica,
- “mobilità mezzi comunali” tutti i consumi di combustibili su automezzi di proprietà.

Per poter valutare gli scenari futuri rispetto alla linea termica si ritiene corretto, dal momento che l'indicatore è fortemente dipendente dal clima, ma anche dallo stato di efficienza e vetustà degli impianti stessi non implementare i consumi attuali. Differente discorso risulta per i consumi elettrici. La continua innovazione tecnologica, nonché la necessità di dotare l'Amministrazione di maggiori tecnologie informatiche per la semplificazione e il maggiore contatto con i cittadini permette di stimare maggiori consumi elettrici nell'ordine del 2% anno. Per i trasporti invece sulla base dei dati forniti nel 2008 e nei primi nove mesi del 2009 si assiste ad una riduzione dei consumi su ogni combustibile. Si ritiene pertanto corretto in proiezione mantenere costante il consumo di combustibili fossili, anche se potrebbe essere corretto supporre che nel corso degli anni l'Amministrazione abbia "ammodernato" il parco mezzi passando da veicoli inquinanti con benzina tradizionale a veicoli meno inquinanti con combustibili meno impattanti sull'ambiente.

Linea Termica

All'interno dei parametri a seguito riportati sono stati considerati i fabbisogni di energia che si sono registrati nel periodi di riscaldamento dai vari edifici. I vettori energetici presi in esame sono principalmente gas naturale, teleriscaldamento e solo una piccola quota è rappresentata dal gasolio. Visto che la stagione di riscaldamento pur essendo "fissa" nelle date (15/10 – 15/04) risente molto delle temperature medie giornaliere che effettivamente si rilevano e che vengono a rappresentare i Gradi giorno reali.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Edifici in global service	32.482.691,8	31.287.212,0	23.920.039,7	25.316.104,0	26.021.812,9	20.478.380,0	20.289.169,8
Edifici non in global (gestione diretta)	12.930.523,1	12.173.152,0	8.224.403,2	7.177.223,1	5.920.770,1	4.073.285,4	4.599.431,1
Consumi termici totali	45.413.214,8	43.460.364,0	32.144.442,9	32.493.327,1	31.942.583,0	24.551.665,4	24.888.600,9
GG reali	2.209,0	2.153,0	2.332,0	2.204,0	2.500,0	2.060,0	2.483,0
TEP	3.905,5	3.737,6	2.764,4	2.794,4	2.747,1	2.111,4	2.140,4
Emissioni di CO2	10.036,32	9.604,74	7.103,92	7.181,03	7.059,31	5.425,92	5.500,38

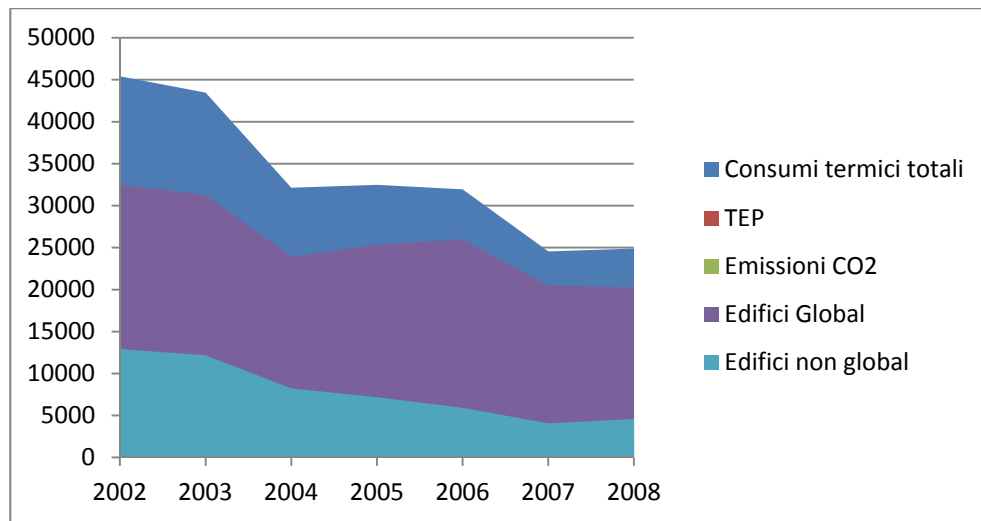


Figura 2: indicazione dei fabbisogni energetici per edifici in Global Service e in gestione diretta

Tale grafico permette di visualizzare l'andamento dei consumi ma non legati alle caratteristiche climatiche effettive. La lettura e l'elaborazione di tali dati limitati permette di analizzare le eventuali riduzioni delle emissioni di gas effetto serra in termini assoluti, ma non è possibile valutare se tale risultato è ottenuto per interventi di maggiore efficienza o per "inverni più miti".

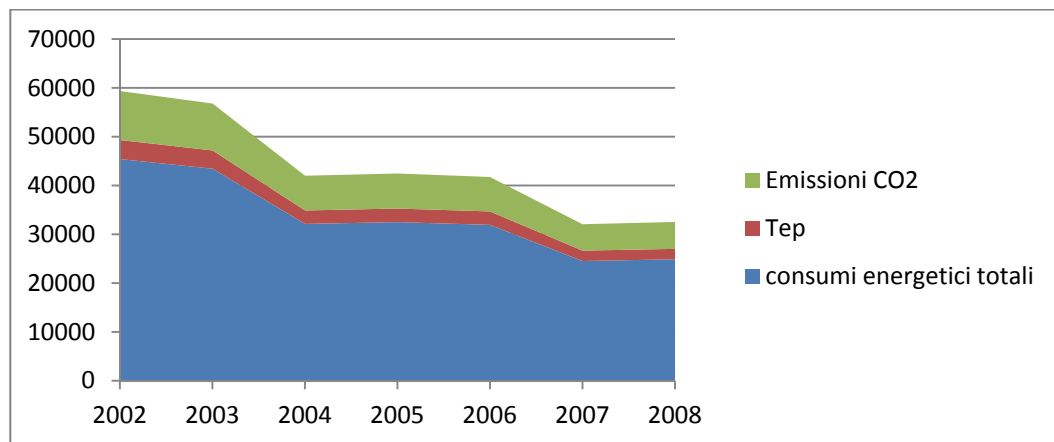


Figura 3: Andamento dei consumi, TEP ed emissioni di CO2

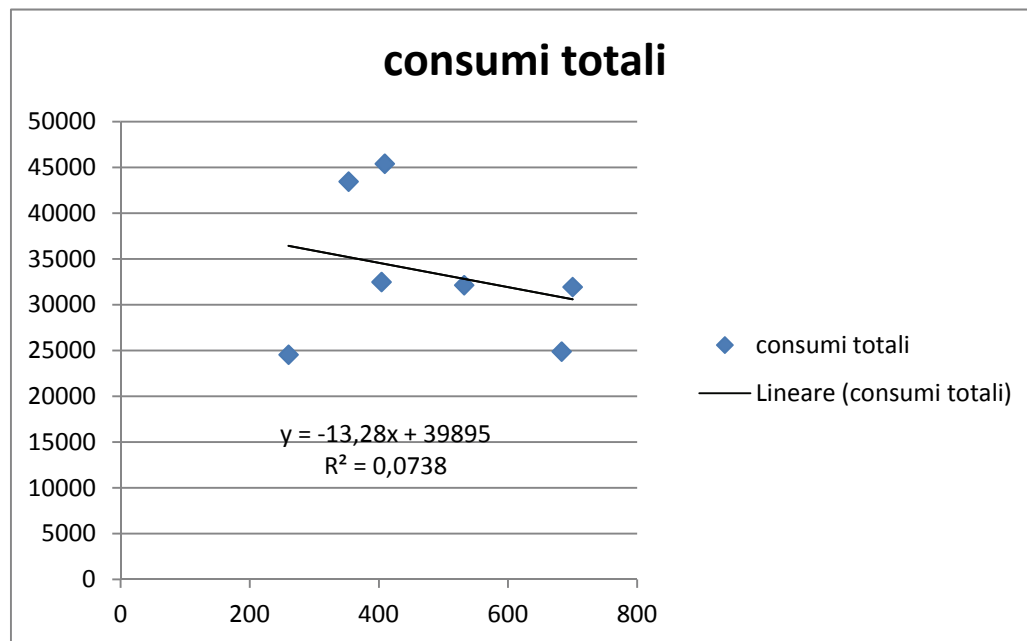


Figura 4: andamento dei consumi energetici parametrati ai gradi giorno reali (asse X: GG-1800)

Linea elettrica

Nell'analizzare i parametri legati al consumo elettrico entra in questa categoria la forza motrice elettrica effettivamente consumata nei vari edifici. Difficile risulta considerare se tale vettore energetico viene utilizzato per l'illuminazione, la climatizzazione o altro. Per poter caratterizzare in maniera ottimale tali parametri è necessario analizzare ogni singolo immobile ed estrapolarne i vari fabbisogni specifici. Diverso risulta invece l'analisi dei fabbisogni energetici per l'illuminazione pubblica. Considerando fisse le ore di funzionamento (4200 h) e la potenza media delle lampade installate (150 W) la variazione dei fabbisogni dipende dall'incremento medio annuo delle armature stradali. (stimabile nel 2%)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Edifici in global service	4407763	5094836	5439414	5509295	6943310	8451316	7026182
Edifici non in global (gestione diretta)	4951753	7488164	4862700	4457802	4232232	4488565	4898109
Illuminazione pubblica	18460925	18830144	19206746	19590881	19982699	20382352,9	20790000
Consumi elettrici totali	27820441,04	31413143,5	29508860,4	29557978,3	31158241	33322233,94	32714291
TEP	5981,394823	6753,82586	6344,40499	6354,96534	6699,02181	7164,280297	7033,5726
Emissioni di CO2	17165,21212	19381,9096	18206,9669	18237,2726	19224,6347	20559,81834	20184,718

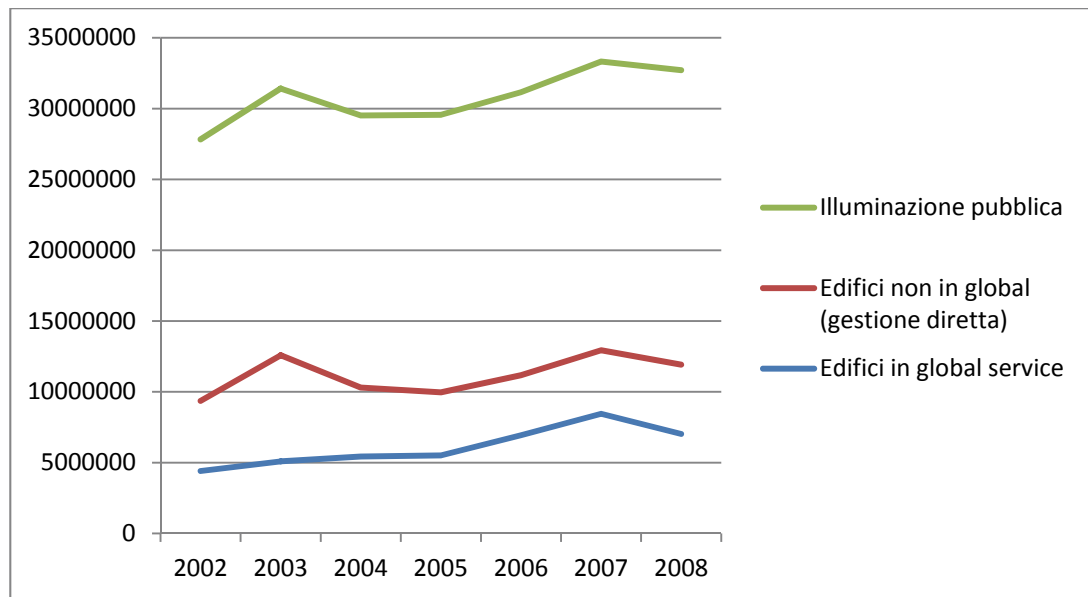


Figura 5 : andamento dei consumi elettrici per utilizzatore finale

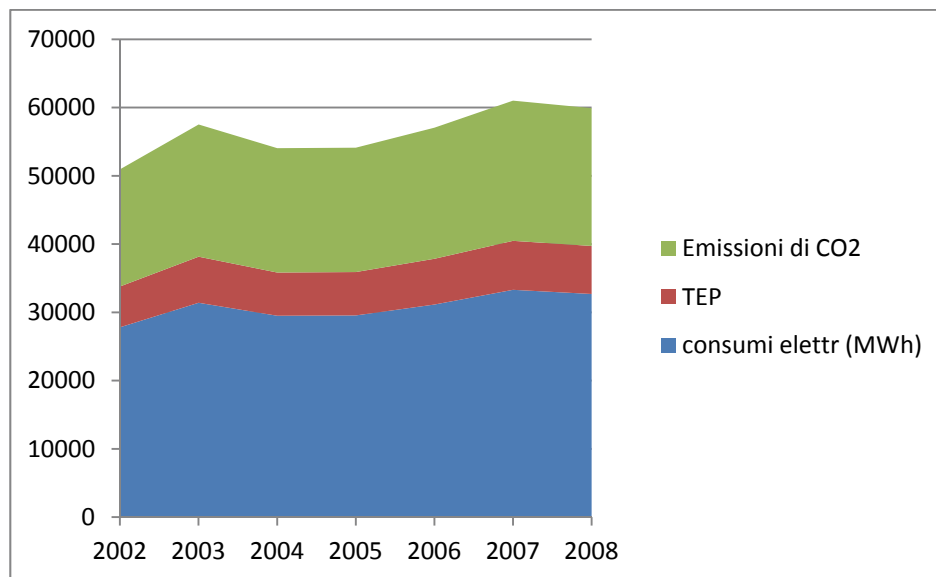


Figura 6: Andamento consumi reali, TEP ed Emissioni di CO2

Mobilità mezzi comunali

In questa categoria di analisi sono contenuti i consumi di combustibili dei mezzi in servizio all'Amministrazione suddivisi in funzione della tipologia di comburente. Allo stato attuale mancano alcuni dati relativi a qualche annualità, in questa sede si ritiene, come precedentemente affermato, che i consumi sia costanti così come i TEP e le emissioni di gas climalteranti. Dal momento che verranno comunicati tali dati il modello sotto impostato verrà aggiornato.

6. Piano di Efficientamento degli immobili pubblici

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
benzina	119836	119836	119836	119836	119836	119836	119836
gasolio	32274	32274	32274	32274	32274	32274	32274
metano	16159	16159	16159	16159	16159	16159	16159
Consumi totali	1583238,424	1583238,424	1583238,42	1583238,42	1583238,42	1583238,424	1583238,4
TEP	169,606856	169,606856	169,606856	169,606856	169,606856	169,606856	169,60686
Emissioni di CO2	486,4016893	486,4016893	486,401689	486,401689	486,401689	486,4016893	486,40169

Fabbisogni Complessivi

I fabbisogni complessivi sono stati calcolati sommando l'energia consumata e omogeneizzata in maniera da considerare omogeneo il dato. In particolare per l'analisi complessiva si sono utilizzati i fattori di conversione dell'energia primaria

6. Piano di Efficientamento degli immobili pubblici

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Edifici in global service	11051890,2	12768377,2	13622455	13798554	17384297	21148768,4	17585744
Edifici non in global (gestione diretta)	12392313	18732583,2	12164974	11151682	10586501	11225485,8	12249872
Illuminazione pubblica	46152312,6	47075358,8	48016866	48977203	49956747	50955882,4	51975000
mezzi pubblici	1583238,42	1583238,42	1583238,4	1583238,4	1583238,4	1583238,42	1583238
Consumi totali	71179754,23	80159557,63	75387533,9	75510677,6	79510783,4	84913374,94	83393855
TEP	10056,53815	10661,02402	9278,43393	9318,99833	9615,6908	9445,330375	9343,5991
Emissioni di CO2	27687,93429	29473,05169	25797,2904	25904,6996	26770,3472	26472,13808	26171,5

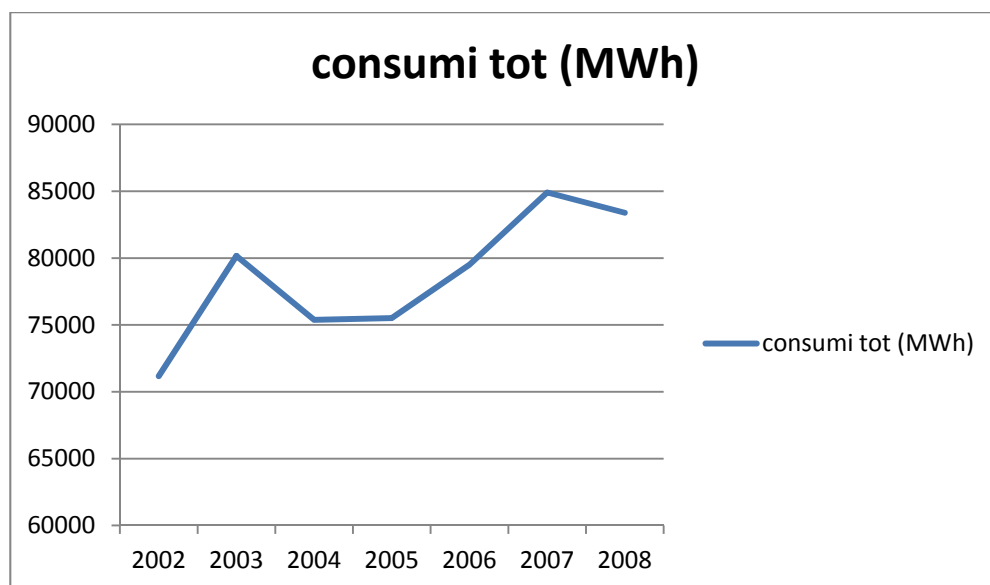


Figura 7 : Andamento dei consumi complessivi di energia primaria

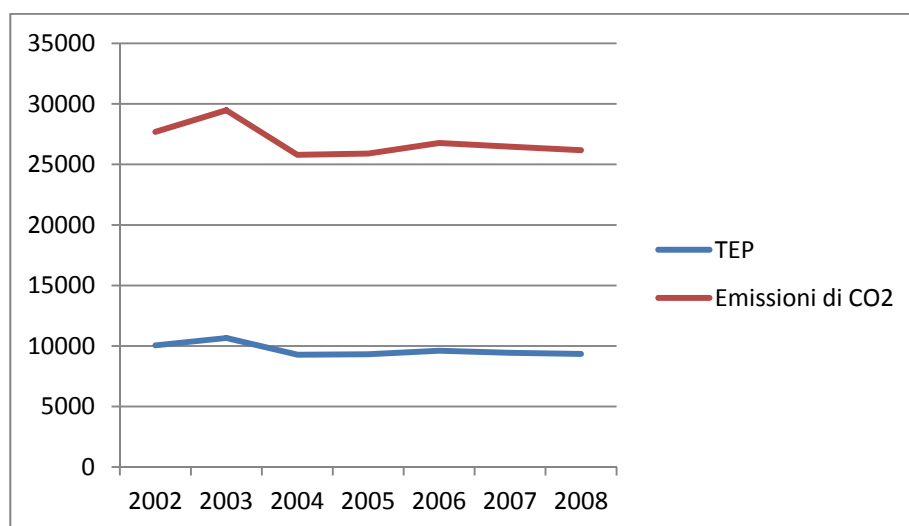


Figura 8: Andamento tep ed emissioni di CO2

Analisi dei risultati

Come è possibile evincere dalle elaborazioni precedenti si può osservare che i fabbisogni energetici e di conseguenza anche le emissioni di gas climalteranti negli anni 2002-2008 hanno subito poche mutazioni ma si sono mantenute pressoché stabili.

In particolare per gli impegni che l'Amministrazione Comunale di Parma si è presa rispetto agli obiettivi del **Libro Bianco di Parma** diventa molto importante analizzare l'anno di riferimento per la riduzione e il miglioramento dell'efficienza (pacchetto 20-20-20) fino al 2020.

	2002	riduzione	2020	quantità da ridurre	Unità di misura
edifici global	13798553,6	20	11498795	2299758,934	kWh
edifici gestiti direttamente	11151682,2	20	9293069	1858613,704	kWh
illuminazione pubblica	48977203,3	20	40814336	8162867,223	kWh
mezzi pubblici	1583238,42	20	1319365	263873,0707	kWh
consumi totali	75510677,59	20	62925565	12585112,93	kWh
TEP	9318,998328	20	7765,832	1553,166388	TEP
Emissioni CO2	25904,69961	20	21587,25	4317,449935	T

La sintesi di tale dato e gli obiettivi da perseguire sono a seguito allegati.

SCENARI FUTURI

Green economy: nuova visione dell'economia

La green economy rappresenta una nuova visione dell'economia orientata verso uno sviluppo sostenibile e duraturo nel tempo. Gli ambiti della sostenibilità a cui fa riferimento sono quelli della:

- *sostenibilità ambientale*: intesa come capacità di mantenere nel tempo l'integrità dell'ecosistema al fine di conservare la sua capacità produttiva e la biodiversità;

- *sostenibilità economica*: intesa come capacità di generare reddito e lavoro; eco-efficienza per un uso razionale delle risorse, riduzione dell'impiego delle risorse non rinnovabili
- *sostenibilità etico-sociale*: intesa come capacità di garantire condizioni di benessere umano (sicurezza, salute, istruzione, divertimento, serenità, socialità), distribuite in modo equo tra strati sociali, età e generi, ed in particolare tra le comunità attuali e quelle future.

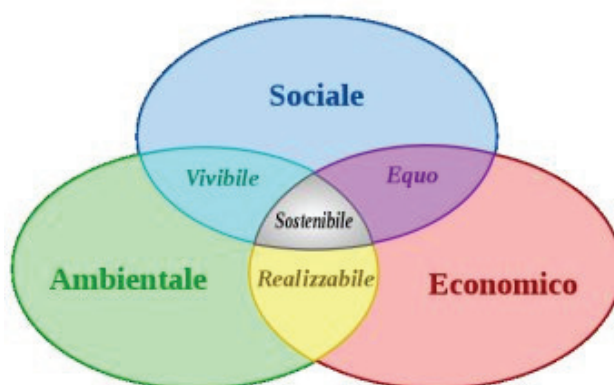


Figura 1: Ambiti della sostenibilità

I settori coinvolti da iniziative e politiche orientate ad un miglioramento ambientale sono il settore dell'energia, quello dei trasporti (mobilità sostenibile), dell'industria (miglioramento dell'efficienza energetica), del residenziale, etc (figura 2).

In ambito energetico i presupposti su cui si basa la Low Carbon Economy sono:

- adozione di tecnologie e stili di vita improntati ad un uso sostenibile dell'energia (aumento dell'efficienza energetica);
- maggiore ricorso alle fonti energetiche rinnovabili in sostituzione di quelle di origine fossile.

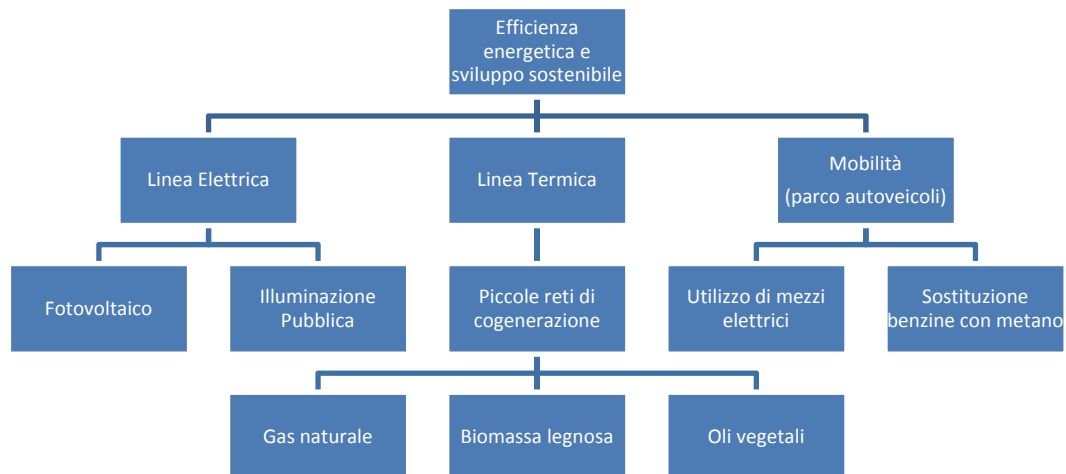
In funzione delle tecnologie disponibili e del monitoraggio generale svolto sui beni pubblici, considerato inoltre gli obiettivi che l'Amministrazione si è imposta con l'approvazione del Libro Bianco di Parma sono stati ipotizzati alcuni scenari di efficientamento energetico accompagnati dall'analisi dei

costi e dei tempi di ritorno (pay-back time). Ogni tecnologia è accompagnata anche dai benefici ambientali attesi (minori emissioni di Co2).

Le analisi degli scenari futuri sono sviluppati con le stesse modalità utilizzate per il soprastante bilancio energetico, suddividendo i potenziali interventi in linea elettrica, linea termica e parco veicoli. Una volta descritte le varie azioni possibili (tutte di tipo “green”) tra le più tradizionali alle più innovative per il territorio, si ritiene che la migliore linea d’azione possa si ottenga:

- adottando un mix di interventi con diverse tecnologie sui vari beni,
- rispettando gli impegni presi con il Libro Bianco, riassumibili nell’incremento del 20% delle fonti rinnovabili e nella riduzione del 20% delle emissioni climalteranti,
- ricercando le tecnologie economicamente più premianti per trasformare meri investimenti in fonti di reddito costante.

Per sviluppare gli scenari futuri si adottano le seguenti tecnologie:



I futuri scenari sono stati ipotizzati nell'ipotesi di adeguare ai parametri del Libro Bianco di Parma i fabbisogni termici ed elettrici e pertanto le emissioni climalteranti relative agli edifici di proprietà, non disponendo di dati definitivi per i fabbisogni determinati dall'utilizzo del parco automezzi e l'esercizio della pubblica illuminazione.

Gli stessi dati di consumo relativi agli edifici sono da verificare in maniera più approfondita conseguentemente alle future scelte strategiche adottate. In particolare lo sviluppo del lavoro prevede sia l'analisi delle tecnologie disponibili con tutti i benefici ambientali, economici

LINEA ELETTRICA

IL FOTOVOLTAICO



Caratteristiche della tecnologia

Un **impianto fotovoltaico** è un impianto elettrico che sfrutta l'energia solare per produrre energia elettrica mediante effetto fotovoltaico. L'impianto è formato da tante parti:

1. celle fotovoltaiche assemblate (il pannello)
2. il trasformatore da corrente continua ad alternata (inverter)

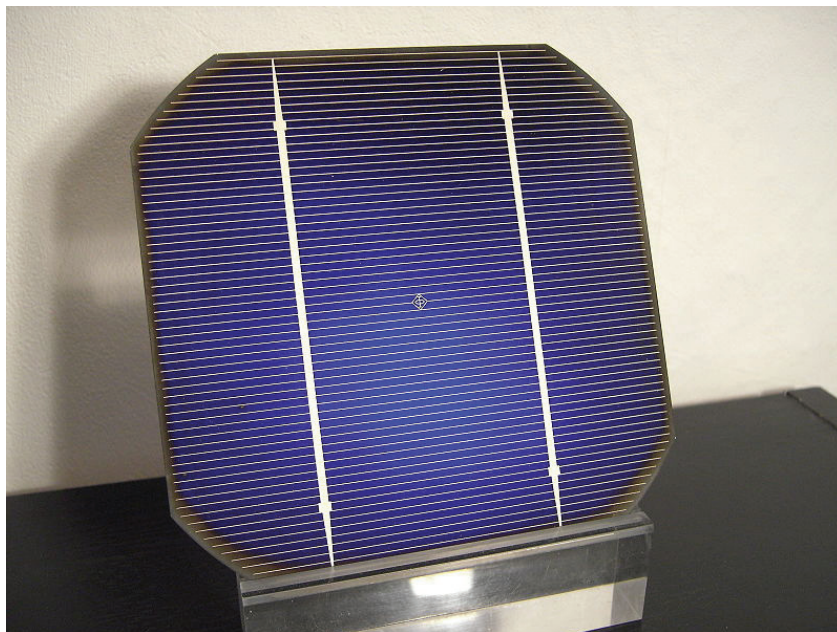
La **cella fotovoltaica** è l'elemento base nella costruzione di un modulo fotovoltaico. La versione più diffusa di cella fotovoltaica, quella in materiale cristallino, è costituita da una lamina di materiale semiconduttore, il più diffuso dei quali è il silicio, e si presenta in genere di colore nero o blu e con dimensioni variabili dai 4 ai 6 pollici. Piccoli esemplari di celle fotovoltaiche in materiale

amorfo sono in grado di alimentare autonomamente dispositivi elettronici di consumo, quali calcolatrici, orologi e simili. Analogamente al modulo, il rendimento della cella fotovoltaica si ottiene valutando il rapporto tra l'energia prodotta dalla cella e l'energia luminosa che investe l'intera sua superficie. Valori tipici per gli esemplari in silicio cristallino comunemente disponibili sul mercato si attestano attorno al 18%.

La cella fotovoltaica può essere realizzata in tre differenti modi:

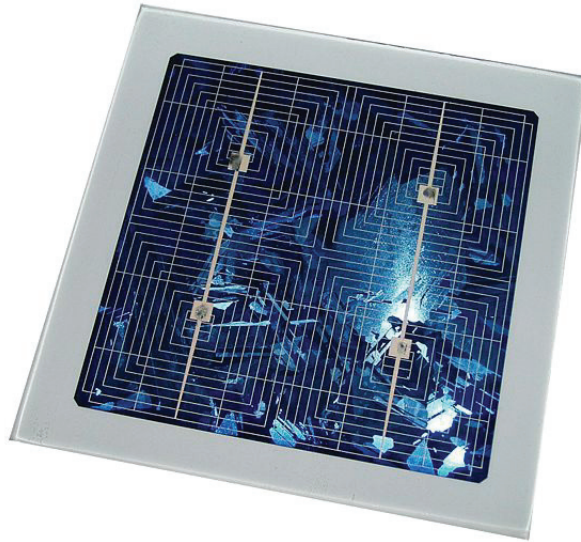
- Silicio monocristallino

Ogni cella è realizzata a partire da un wafer la cui struttura cristallina è omogenea (monocristallo), opportunamente drogato in modo da realizzare una giunzione p-n;



- Silicio policristallino

Ogni cella è realizzata da un wafer che non è strutturalmente omogeneo ma organizzato in grani localmente ordinati.



- Silicio amorfo a film sottile

Mentre le tecnologie prima analizzate vengono realizzate formando un pannello rigido con poca possibilità di adattamento alle forme dell'architettura, esistono almeno 3 tipologie di silicio di recente introduzione che permettono la riduzione ad un film del pannello stesso, nonché l'adattabilità alle forme intrinseche dell'architettura

- Silicio amorfo, in cui gli atomi silicei vengono depositi chimicamente in forma amorfa, ovvero strutturalmente disorganizzata, sulla superficie di sostegno. Questa tecnologia impiega quantità molto esigue di silicio (spessori dell'ordine del micron). I moduli in silicio amorfo dimostrano in genere di una efficienza meno costante delle altre tecnologie rispetto ai valori nominali, pur avendo garanzie in linea con il mercato. Il dato più

interessante riguarda l'EROEI, che fornisce valori molto alti (in alcuni casi arrivano anche a 9), il che attesta l'economicità di questa tecnologia

- Solfuro di cadmio (CdS) microcristallino, che presenta costi di produzione molto bassi in quanto la tecnologia impiegata per la sua produzione non richiede il raggiungimento delle temperature elevatissime necessarie invece alla fusione e purificazione del silicio. Esso viene applicato ad un supporto metallico per spray coating, cioè viene letteralmente spruzzato come una vernice. Tra gli svantaggi legati alla produzione di questo genere di celle fotovoltaiche vi è la tossicità del cadmio ed il basso rendimento del dispositivo.
- Arseniuro di gallio (GaAs), una lega binaria con proprietà semiconduttive, in grado di assicurare rendimenti elevatissimi, dovuti alla proprietà di avere un gap diretto (a differenza del silicio). Viene impiegata soprattutto per applicazioni militari o scientifiche avanzate (come missioni automatizzate di esplorazione planetaria o foto rilevatori particolarmente sensibili). Tuttavia il costo proibitivo del materiale monocristallino, a partire dal quale sono realizzate le celle, lo ha destinato ad un impiego di nicchia.

Caratteristiche tecniche dei pannelli

Come tutti i materiali presenti in natura risentono, una volta prodotti e messi in esercizio di alcune variabili esterne che possono influire anche pesantemente sul funzionamento stesso della tecnologia. Le prestazioni dei moduli fotovoltaici, infatti, sono suscettibili di variazioni anche sostanziose in base:

- al rendimento dei materiali;
- alla tolleranza di fabbricazione percentuale rispetto ai valori di targa;
- all'irraggiamento a cui le sue celle sono esposte;
- all'angolazione con cui questa giunge rispetto alla sua superficie;
- alla temperatura di esercizio dei materiali, che tendono ad "affaticarsi" in ambienti caldi;
- alla composizione dello spettro di luce.

Per motivi costruttivi, il rendimento dei moduli fotovoltaici è in genere inferiore o uguale al rendimento della loro peggior cella. Con *rendimento* si

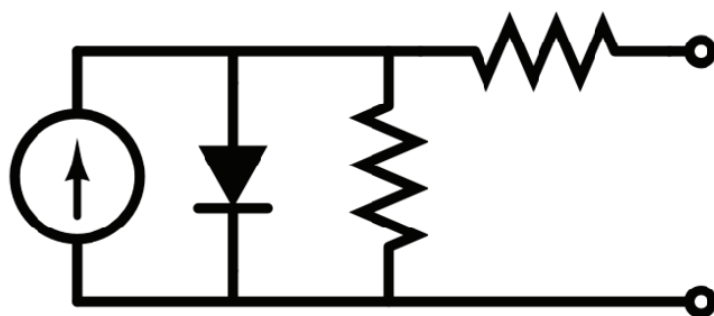
intende la percentuale di energia captata e trasformata rispetto a quella totale giunta sulla superficie del modulo, e può essere considerato un indice di correlazione tra watt erogati e superficie occupata, ferme restando tutte le altre condizioni. Valori tipici di rendimento dei prodotti commerciali a base silicea si attestano intorno al:

- 15% nei moduli in silicio monocristallino;
- 13% nei moduli in silicio policristallino;
- 6% nei moduli in silicio amorfo.

Ne consegue che ad esempio a parità di produzione elettrica richiesta, la superficie occupata da un campo fotovoltaico amorfo sarà più che doppia rispetto ad un equivalente campo fotovoltaico cristallino. A causa del naturale affaticamento dei materiali, le prestazioni di un pannello fotovoltaico comune diminuiscono di circa un punto percentuale su base annua. Per garantire la qualità dei materiali impiegati, la normativa obbliga una garanzia di minimo due anni sui difetti di fabbricazione anche sul calo di rendimento del silicio nel tempo, questa arriva minimo 20 anni. La garanzia oggi nei moduli di buona qualità è del 90% sul nominale per 10 anni e dell'80% sul nominale per 25 anni.

La tensione nominale del circuito

I moduli fotovoltaici sono accomunati dal comportamento elettrico simile a quello di un generatore di corrente quasi puro, ovvero erogano energia con differenza di potenziale quasi costante anche al variare delle condizioni atmosferiche o del grado di incidenza dei raggi solari. La pratica comune di classificare i prodotti in commercio in 12, 18 o 24 V non deriva dalla tensione al suo punto di massima efficienza, ma dalla possibilità di collegarvi una batteria ricaricabile con analoga tensione nominale.



Certificazioni di prodotto

Come tutti i materiali da costruzione o anche quelli elettrici per poter essere commercializzati devono essere certificati in base a specifici protocolli rispondenti a norme tecniche. I moduli fotovoltaici, se impiegati in un impianto fotovoltaico connesso alla rete all'interno dell'Unione Europea, devono obbligatoriamente essere certificati in base alla normativa *IEC 61215*, che ne determina le caratteristiche sia elettriche che meccaniche. Tra i test più importanti si cita quello per determinarne la potenza in condizioni di insolazione standard, espressa in watt picco (Wp).

Tipologie di impianto

Gli impianti fotovoltaici sono generalmente suddivisi in due grandi famiglie: impianti ad isola, o stand-alone, e impianti connessi alla rete, o grid-connected.

1. Impianti a isola

Questa famiglia identifica quelle utenze elettriche isolate da altre fonti energetiche, come la rete nazionale in AC, che si riforniscono da un

impianto fotovoltaico elettricamente isolato ed autosufficiente. I principali componenti di un impianto fotovoltaico a isola sono generalmente:

- Campo fotovoltaico, deputato a raccogliere energia mediante moduli fotovoltaici disposti opportunamente a favore del sole;
- Regolatore di carica, deputato a stabilizzare l'energia raccolta e a gestirla all'interno del sistema;
- Batteria di accumulo, deputata a conservare l'energia raccolta in presenza di irraggiamento solare per permetterne un utilizzo differito da parte dei carichi elettrici.
- inverter, deputato a convertire la tensione continua (DC) in uscita dal pannello (solitamente 12 o 24 volt) in una tensione alternata (AC) più alta (solitamente 110 o 220 volt)

Il campo fotovoltaico in genere impiegato per gli impianti ad isola è ottimizzato per una specifica tensione di sistema, decisa solitamente in fase di progettazione del sistema stesso. Le tensioni più utilizzate sono 12 o 24V. Conseguentemente, essendo la maggior parte dei moduli fotovoltaici in commercio a 12 o 24 V, le stringhe elettriche che formano il campo sono molto corte, fino al limite del singolo modulo per stringa. In quest'ultimo caso, in pratica, il campo fotovoltaico è costituito da semplici paralleli elettrici tra moduli, occasionalmente dotati di diodi. Il regolatore di carica ha tra le sue funzionalità più tipiche quelle di:

- stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di tensione inferiore a quello utile a quest'ultima, come ad esempio dopo il tramonto;
- stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di ricarica totale di quest'ultima;
- stacco dei carichi elettrici dalla batteria in caso di scarica profonda di quest'ultima (batteria ormai esaurita).

L'accumulatore è in genere costituito da monoblocchi o elementi singoli specificamente progettati per cariche e scariche profonde e cicliche. Non sono in genere impiegati accumulatori per uso automobilistico, che pur funzionando a dovere vengono rapidamente esauriti nelle prestazioni a causa della gravosità di questo impiego. Tali impianti non beneficiano del conto energia se non in particolari situazioni.

2. Impianti connessi alla rete nazionale

Questa famiglia identifica quelle utenze elettriche già servite dalla rete nazionale in AC, ma che iniettano in rete la produzione elettrica risultante dal loro impianto fotovoltaico, opportunamente convertita in corrente alternata e sincronizzata a quella della rete. I principali componenti di un impianto fotovoltaico connesso alla rete sono:

- Campo fotovoltaico, deputato a raccogliere energia mediante moduli fotovoltaici disposti opportunamente a favore del sole;
- Inverter, deputato a stabilizzare l'energia raccolta, a convertirla in corrente alternata e ad iniettarla in rete;
- Quadristica di protezione e controllo, da situare in base alle normative vigenti tra l'inverter e la rete che questo alimenta.
- Componente spesso sottovalutata, i cavi di connessione, che devono presentare un'adeguata resistenza ai raggi UV ed alle temperature.

I vari gestori di rete sono chiamati dalla vigente normativa italiana a fornire il servizio di net metering a titolo gratuito, fatte salve le spese di gestione, che si concretizzano in genere nel canone annuo di locazione di un contatore piombabile, dedicato esclusivamente alla misurazione dell'energia elettrica prodotta, e connesso a quello di consumo per permettere di autoconsumare sul posto, iniettare in rete o prelevare dalla rete l'energia in modo trasparente.

3. BIPV

Una ulteriore metodologia di installazione è il BIPV, acronimo di *Building Integrated PhotoVoltaics*, ovvero *Sistemi fotovoltaici architettonicamente integrati*. L'integrazione architettonica si ottiene posizionando il campo fotovoltaico dell'impianto all'interno del profilo stesso dell'edificio che lo accoglie. Le tecniche sono principalmente 3:

- Sostituzione locale del manto di copertura (es. tegole o coppi) con un rivestimento idoneo a cui si sovrappone il campo fotovoltaico, in modo che questo risulti *affogato* nel manto di copertura;
- Impiego di tecnologie idonee all'integrazione, come i film sottili;
- Impiego di *moduli fotovoltaici strutturali*, ovvero che integrano la funzione di infisso, con o senza vetrocamera.

I costi per ottenere un impianto BIPV sono più alti rispetto a quello tradizionale, ma il risultato estetico è talmente pregevole che la normativa

stessa del Conto energia li tutela e valorizza, riconoscendo una tariffa incentivante sensibilmente più elevata .

Benefici ambientali

I benefici energetici sono stati valutati rispetto ad uno scenario di confronto nel quale l'energia elettrica da fotovoltaico verrebbe diversamente prodotta con le altre tecnologie disponibili nello scenario locale di area vasta.

Per il calcolo dell'energia primaria fossile risparmiata grazie all'esercizio dell'impianto fotovoltaico deve essere costruito il seguente bilancio energetico:

$$E_P = \frac{E_{PV} \eta_{AUTO}}{\eta_{ES}}$$

dove:

_ E_P è l'energia primaria fossile risparmiata

_ E_{PV} è l'energia elettrica prodotta con l'impianto fotovoltaico

_ $\eta_{AUTO} = 0,997$ è il rendimento al netto delle dissipazioni nel caso che l'energia sia "autoconsumata", cioè utilizzata direttamente dal produttore o da altre utenze a lui vicine. Tale rendimento è stato stimato con riferimento a quanto indicato nel Piano Energetico 2007 della Regione Emilia Romagna, per gli autoproduttori ai sensi del D. Lgs. n. 79/99, art. 2, comma 2.

$\eta_{ES} = 0,400$ è il rendimento elettrico medio della tecnologia di *benchmark*, normalmente coincidente con il rendimento medio caratterizzante il parco termoelettrico nazionale in cui, in questo caso, sono stati detratte, in via cautelativa, le dissipazioni per trasmissione e trasformazione, giungendo a un valore del 40 % anche in linea con quanto previsto dalla Delibera della Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG) n. 296/05.

Se si fa riferimento ad una produzione di energia elettrica valutata in prima approssimazione in circa 1100 kWh_e/kW_p caratterizzante mediamente gli impianti fotovoltaici in silicio cristallino, può essere stimato un beneficio in termini di un minor consumo di energia primaria pari a circa 2742 kWh per ogni kW di picco in esercizio.

Per la valutazione dei benefici ambientali in termini di emissioni climalteranti e inquinanti evitate, sono disponibili diversi riferimenti di letteratura.

Recentemente l'istituto ETH Zurich, Institut für Verfahrens und Kältetechnik (IVUK), è giunto ad una stima abbastanza precisa di questi fattori. Il recente bando promosso nel 2007 dal Ministero per lo Sviluppo Economico finalizzato alla promozione delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica e/o termica tramite agevolazioni alle piccole e medie imprese, ai sensi del D.M. n. 337/2000, ha previsto di considerare questi valori per procedere alla stima delle emissioni evitate.

Nel caso di impianti fotovoltaici a servizio di utenze civili si può ragionevolmente assumere che l'elettricità prodotta dagli impianti sia consegnata in bassa tensione e verosimilmente consumata da utenze finali comunque non distanti dal sito di produzione.

In questo caso i valori da considerare per la valutazione emissioni specifiche evitate risultano essere:

_ fattore di emissione specifiche CO₂ energia elettrica *benchmark*:

0,680 kg_{CO2}/kWh_e

_ fattore di emissione specifiche CO₂ energia termica *benchmark*:

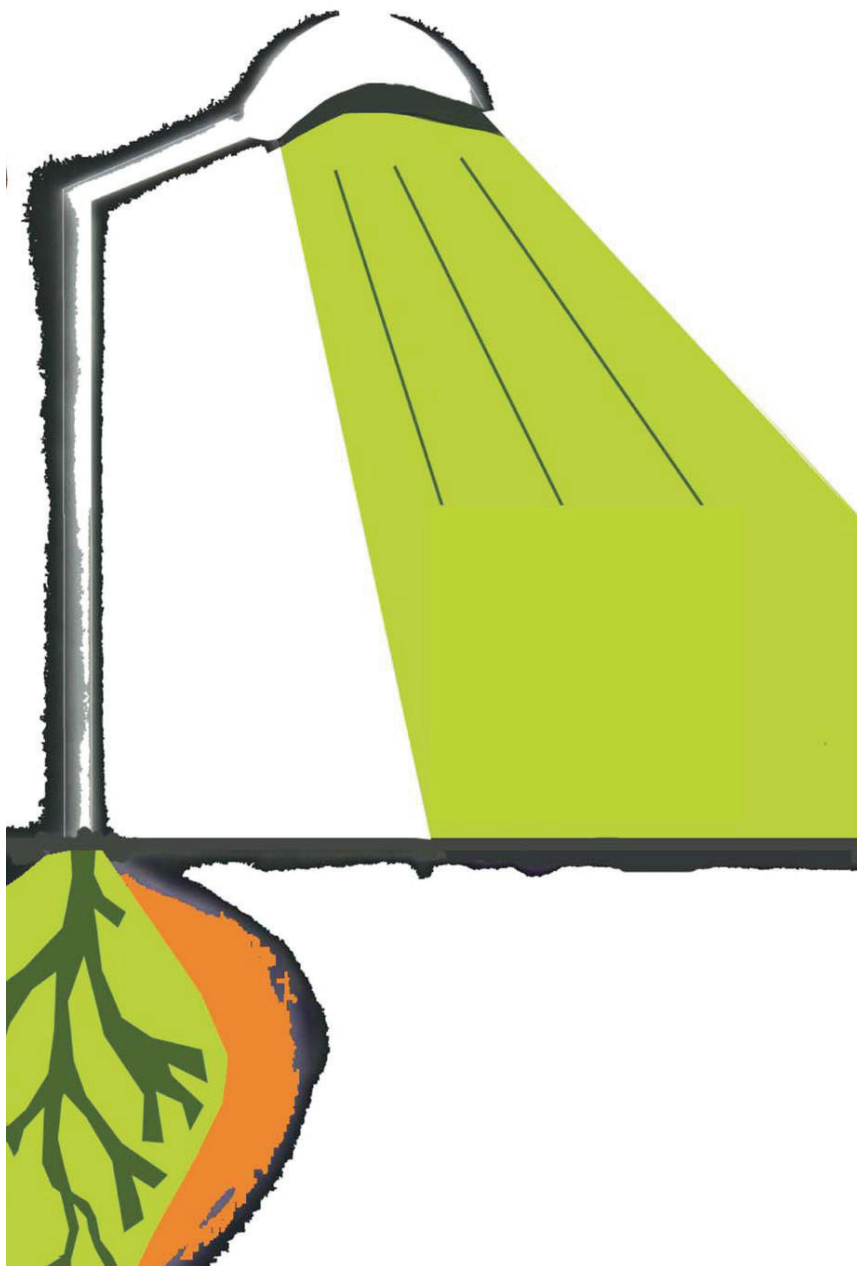
0,224 kg_{CO2}/kWh_e

Durante la recente predisposizione del progetto europeo LIFE LAKS, sono stati individuati, insieme a INDICA, ICLEI e a una speciale *board* di *referees* scientifici internazionali, in coerenza con i parametri individuati da UNFCCC (Direttiva 2004-156-CE 1 gennaio 2005-31 dicembre 2005. Allegato A. Coefficienti utilizzati per l'inventario delle emissioni di CO₂ nell'inventario nazionale UNFCCC) valori lievemente diversi rispetto ai precedenti.

Secondo questo secondo riferimento il fattore da considerare per le emissioni specifiche di CO₂ sarebbe pari a:

0,459 kg_{CO2}/kWh_e

Illuminazione pubblica



La prima forma di risparmio possibile nel campo dell'illuminazione tecnica è quella della sostituzione delle lampade inefficienti con delle lampade più efficienti, laddove questo sia possibile e non sia soggetto a considerazioni di carattere estetico o politico: è questo il caso di aree sensibili e centri storici dove il tipo di illuminazione è parte integrante del monumento o dell'arredo urbano.

Le lampade usate nell'illuminazione pubblica possono essere catalogate in funzione della natura dell'emissione luminosa e quindi in base al principio fisico di funzionamento e alla conseguente tipologia di produzione.

Gli impianti di pubblica illuminazione sono gestiti da società misto pubblico-privata con contratto in scadenza nell'anno 2015.

Sinteticamente sono in opera circa 33.000 punti luce (armature) dotate di lampade a media-alta efficienza quali gli ioduri metallici, il sodio alta e bassa pressione, e fluorescenti, con un residua percentuale di circa 7-8% di vapore di mercurio a basso rendimento.

Le principali azioni di risparmio sono rappresentate da:

- 1) sostituzione delle lampade a mercurio da 125 w con maggiori performance tipo sodio di potenza 70/100W con risparmi netti variabili dal 40% al 20% con pay back dell'ordine di 3-4 anni
- 2) sostituzione di lampade con efficienza standard con tipo LED recuperando consumi dell'ordine del 50% (lampada da 70 w sodio sostituibile con 35 w LED con elevati costi di sostituzione ma ritorno in 5-6 anni
- 3) installazione di regolatori/riduttori del flusso per la riduzione notturna dei consumi con risparmi dell'ordine del 35% dei consumi di energia (funzionamento annuale circa $4.200 \text{ h} \times 0.35 = 1470 \text{ h}$ equivalenti pertanto per impianto da 100 KW risparmio 14.700 Kwh/anno)
- 4) installazione di sistema di tele gestione delle lampade punto a punto inizialmente costoso ma consente di ottimizzare consumi per sempre.

LINEA TERMICA

SOLARE TERMICO

Gli **impianti solari termici** sono dispositivi che permettono di catturare l'energia solare e immagazzinarla e usarla nelle maniere più svariate.

Nel caso si utilizzi il calore del Sole per produrre corrente tramite l'evaporazione di fluidi vettori che alimentano turbine collegate ad alternatori si parla di impianto solare termodinamico.

Gli impianti si distinguono in:

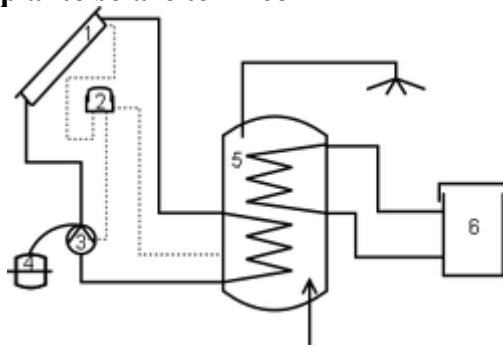
- impianti a basse temperature (fino a 120 °C)
- impianti a medie temperature (ca. 500 °C)
- impianti ad alte temperature (ca. 1000 °C) che trovano applicazione soprattutto nei grossi impianti industriali.

I collettori solari

Il "collettore solare" o pannello solare è il dispositivo base su cui si basa questa tecnologia. I collettori sono attraversati da un fluido termovettore incanalato in un circuito solare che lo porterà ad un accumulatore.

L'accumulatore ha la funzione di immagazzinare più energia termica possibile al fine di poterla usare successivamente al momento del bisogno. Ne esistono di vari tipi, i più recenti sono i tubi sottovuoto che hanno un alto rendimento ma sono più soggetti a rotture.

Composizione impianto solare termico



Un impianto solare termico è composto sempre almeno dalle seguenti unità:

- uno o più collettori che cedono il calore del sole al fluido; ne esistono di vari tipi, dalla semplice lastra di rame percorsa da una serpentina e pitturata di vernice nera, al pannello selettivo trattato con biossido di titanio (TINOX) all'assorbitore sottovuoto. Nei primi due casi l'assorbitore è protetto da un vetro temperato, che può essere prismatico;
- un serbatoio di accumulo del fluido.

Esistono due tipi di impianti:

- a circolazione naturale: in questo tipo il fluido è l'acqua stessa che riscaldandosi sale per convezione in un serbatoio di accumulo (boiler), che deve essere posto più in alto del pannello, dal quale viene distribuito alle utenze domestiche; il circuito è aperto, in quanto l'acqua che viene consumata viene sostituita dall'afflusso esterno. Questo impianto ha per pregio la semplicità ma è caratterizzato da una elevata dispersione termica, a scapito della efficienza.
- a circolazione forzata: un circuito composto dal pannello, una serpentina posta all'interno del boiler ed i tubi di raccordo. Una pompa, detta circolatore, permette la cessione del calore raccolto dal fluido, in questo caso glicole propilenico, simile al glicole etilenico (il liquido usato per i radiatori delle automobili), alla serpentina posta all'interno del boiler. Il circuito è notevolmente più complesso, dovendo prevedere un vaso di espansione, un controllo di temperatura ed altri componenti, ed ha un consumo elettrico dovuto alla pompa e alla centralina di controllo, ma ha una efficienza termica ben più elevata, visto che il boiler è posto all'interno e quindi meno soggetto a dispersione termica durante la notte o le condizioni climatiche avverse.

7

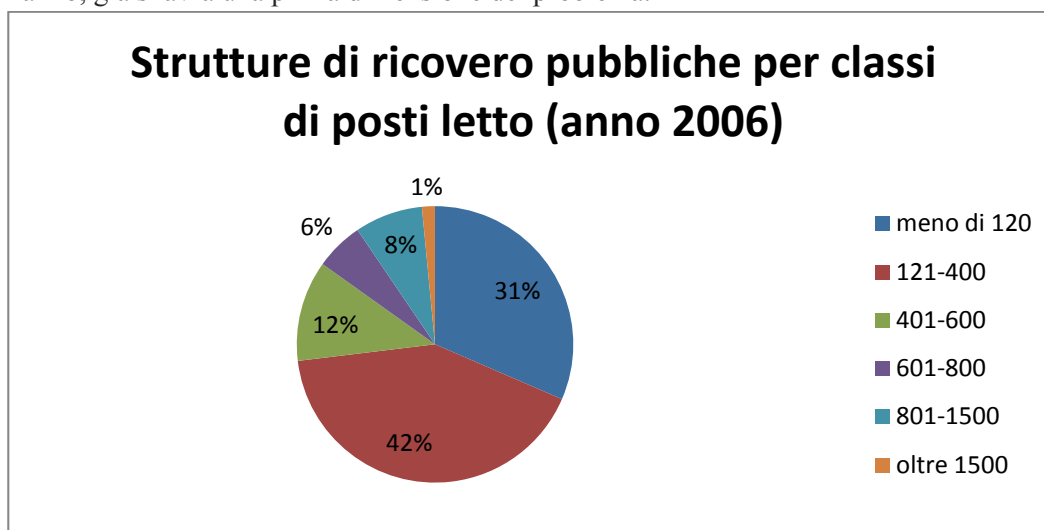
Settimo Capitolo

EDIFICI OSPEDALIERI AD ALTA EFFICIENZA IL CASO STUDIO DEL POLO ONCO EMATOLOGICO DI REGGIO EMILIA

7.1 Introduzione

Lo studio della gestione energetica ed ambientale delle strutture ospedaliere rappresenta un passaggio di grande interesse, anche se di indubbia difficoltà, in considerazione del fatto che queste rilevano un livello di complessità elevata, non soltanto per le attività che svolgono, ma anche e soprattutto per l'impatto che generano sul territorio e per l'ingente quantità di materia ed energia che in esse vengono impiegate e trasformate.

Se si pensa che l'ospedale è forse l'unico edificio abitativo pubblico che non vede mai il cessare di attività e quindi la presenza di persone nelle 24 ore e per tutto l'anno, già si avrà una prima dimensione del problema.



Quando si passa poi a considerare la sempre maggiore estensione delle strutture e dei macchinari di alta tecnologia in un moderno ospedale, il numero sempre più elevato di personale che vi opera e di utenti che ne usufruiscono anche in un'ottica di struttura integrata nel contesto sociale, oltre alla consueta mansione sanitaria, si comprende come la materia di studio può rivelarsi assai complessa.

E' importante sottolineare come allo stato attuale, nel nostro Paese, poca importanza sia stata data alle ricadute delle attività ospedaliere verso l'esterno, fatta eccezione per il problema "rifiuti". Tale atteggiamento comporta non poche difficoltà nell'individuare le emergenze o le criticità ambientali che vi si determinano, anche per una scarsa sensibilità e conoscenza di tematiche che, a torto, vengono considerate specifiche del settore produttivo. Solo recentemente, si avvertono alcuni tentativi di cambiamento dovuti anche alle modificazioni sociali

intervenute in questi ultimi anni. Ciò al fine di inserire, nelle complesse azioni di pianificazione sanitaria e sociosanitaria regionale e locale, azioni ed interventi mirati in questa direzione fin dalla fase decisionale strategica.

Il problema generale dell'energia rende indispensabile e indifferibile lo studio e la massa in atto di misure finalizzate alla razionale utilizzazione e al risparmio delle energie oggi disponibili.

In un ospedale, ove la qualità del servizio deve essere considerata obiettivo assolutamente prioritario, ne consegue che lo sforzo debba essere indirizzato verso lo studio di possibilità di risparmio escludendo in generale il sacrificio.

Studi italiani ed esteri, confermano l'esistenza di un notevole potenziale di risparmio energetico che può e deve essere utilizzato. In Italia circa il 50% del costo del servizio sanitario nazionale è attribuibile al servizio ospedaliero e l'incidenza del costo dell'energia è stata stimata attorno al 5-6% del costo globale, con un trend crescente.

A seconda del livello di qualità degli impianti e delle dotazioni tecnologiche, il potenziale di risparmio in alcuni ospedali può raggiungere più del 50% dei consumi energetici attuali; ovvero un potenziale di risparmio di circa il 15-25% può essere assunto per qualunque struttura ospedaliera che non è stata ancora sottoposta ad interventi di risparmio energetico.

L'obiettivo generale dell'applicazione nell'ambito delle attività di pianificazione energetica, è una significativa riduzione dei consumi, dei costi e delle emissioni in atmosfera derivanti dall'utilizzo di energia e calore da parte dell'ospedale.

Al fine di conseguire tali benefici è necessario intervenire sul sistema esistente attraverso l'introduzione di misure e strumenti che vadano a migliorare l'efficienza delle infrastrutture e degli impianti anche attraverso l'introduzione di tecnologie innovative. Spesso si ritiene che l'attenzione all'uso dell'energia sia poco importante e conseguentemente

non si dedicano risorse umane qualificate; questo atteggiamento può essere giudicato poco lungimirante perché:

1) si tratta di interventi a basso rischio tecnico economico, tesi ad eliminare situazioni di spreco, incuria e disinteresse per la cosa pubblica.

2) i meccanismi di finanziamento da parte di terzi (TPF), promossi dalla comunità europea e inseriti nelle leggi sugli appalti, permettono di realizzare molti impianti sulla base di contratti pluriennali senza alcun investimento per l'azienda sanitaria, quindi senza togliere risorse per la cura dei pazienti.

3) *il miglioramento dell'efficienza è legato ad un effettivo utilizzo delle capacità del personale, della sua autonomia e creatività, accresciuta formazione ed aggiornamento.*

4) *le stesse metodologie applicate per l'energia valgono per i consumi di acqua, per la gestione dei rifiuti, per spese telefoniche.*

5) *si tratta di un campo privilegiato dal punto di vista tecnico ed economico nel quale le Regioni possono espletare il loro ruolo di valorizzare della capacità e sinergie locali con benefici ambientali, economici ed occupazionali, dimostrando così l'opportunità del trasferimento di poteri dal centro verso la periferia.*

Ciascun ospedale possiede proprie e diverse caratteristiche, in relazione alle dimensioni, specializzazione, ubicazione. L'energia è elemento essenziale per la funzionalità delle strutture ospedaliere e per questo deve essere costantemente misurata e tenuta sotto controllo nei suoi aspetti tecnici, manutentivi, economico-finanziari, tariffari e amministrativi.

Poiché il servizio deve essere fornito per 8.760 ore l'anno ed il diagramma di carico è poco ondulato, la durata di utilizzazione è molto elevata e quindi l'energia consumata assume valori rilevanti.

I numerosi impianti, indispensabili per il funzionamento di un moderno ospedale, comportano il consumo di rilevanti quantità di energia, sia termica che elettrica.

L'energia è chiamata a soddisfare diversi centri di consumo e deve rispondere a esigenze sia tecnologiche sia funzionali, quali illuminazione, aerazione dei locali, servizio lavanderia, cucina e conservazioni, oltre a produzione di acqua calda sanitaria, sterilizzazione di materiali e strumenti di medicazione e, ancora, trattamento dei rifiuti ospedalieri, comunicazione tra ambienti, pulizia e alimentazione delle apparecchiature medico-diagnostiche.

I maggiori consumi energetici di una struttura ospedaliera sono imputabili al calore a bassa temperatura ($< 100^{\circ}\text{C}$) necessario per il riscaldamento di ambienti e per compensare le perdite di calore derivanti dalle necessità di ventilazione.

Ma anche grandi impianti di cucina e lavanderia sono da annoverare tra i consumi energetici maggiori degli ospedali, sebbene vi sia negli ultimi anni la tendenza a dare in appalto a ditte esterne (*outsourcing*) la fornitura di tali servizi.

Un altro settore che consuma calore, ma questa volta a temperature più elevate, è quello della disinfezione e sterilizzazione per cui occorrono di norma più alti livelli di temperatura. Per questa ragione molti ospedali sono dotati di caldaie a vapore a media o alta pressione, e con potenza nominale a volte sovradimensionata rispetto alle reali necessità. In quei casi, al fine di aumentare l'affidabilità di approvvigionamento, spesso è presente un collegamento tra il sistema a vapore (a

pressione e temperatura medio-alta) ed il circuito di riscaldamento (a bassa temperatura e pressione) per mezzo di riduttori di pressione e scambiatore di calore, che pertanto rappresentano punti di dispersione (perdita) energetica. In genere, per la produzione del freddo vengono utilizzate gruppi frigoriferi a compressore azionati elettricamente, i quali a causa del loro elevato fabbisogno elettrico, contribuiscono notevolmente al carico di punta dell'ospedale, che a sua volta incide sul costo della bolletta elettrica. Oltre alla climatizzazione, l'energia elettrica assicura il funzionamento di apparecchiature mediche e attrezzature quali bruciatori, ventilatori, pompe,compressori, ecc.

Per la determinazione del fabbisogno totale di energia in una struttura ospedaliera non basta considerare soltanto le dimensioni della struttura ed il numero dei posti letto. Occorre invece considerare anche altri fattori come segue:

- L'involucro dell'edificio, tipo di costruzione, vetustà;
- Condizioni climatiche;
- Vettori energetici impiegati;
- Funzioni, specializzazioni, tipologie ed intensità delle prestazioni mediche fornite dalla struttura;
- Grado di occupazione dei posti letto;
- Dotazioni tecnologiche della struttura;
- Livello di qualità della manutenzione dell'impiantistica.

In aggiunta però l'ospedale necessita anche di "calore di processo" a temperatura media, generalmente realizzato tramite un sistema a vapore ad alta e bassa pressione, per la: sterilizzazione, lavanderia, cucina centrale, disinfezione di letti, umidificazione degli ambienti.

Il fabbisogno di questo calore a media temperatura può variare da ospedale a ospedale a seconda della tipologia degli impianti, ma comunque esso è molto più basso rispetto al consumo di calore a bassa temperatura.

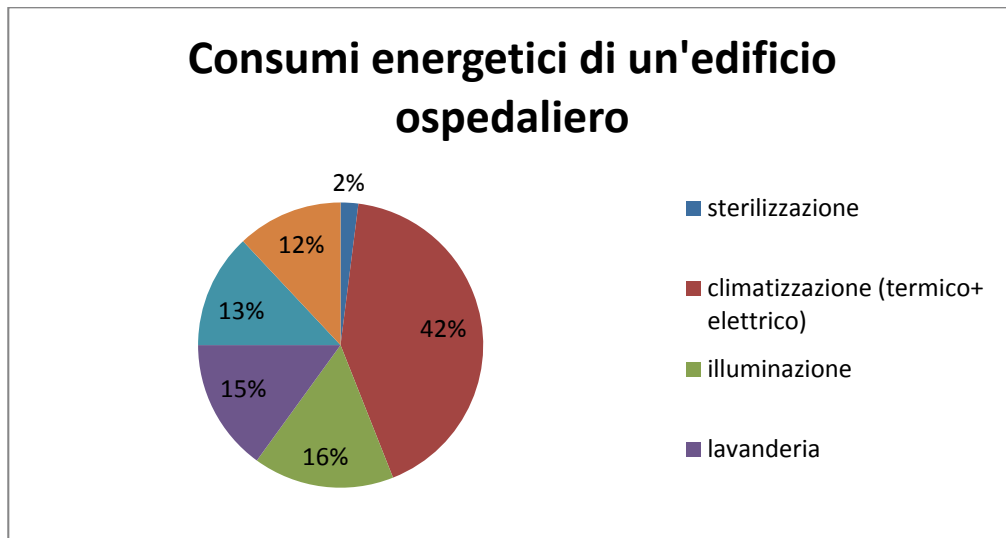
Per queste ragioni il fabbisogno di calore e di elettricità di un ospedale può essere predetto e stimato solo approssimativamente. La successiva figura fornisce una illustrazione chiara come l'energia impiegata per soddisfare il fabbisogno di calore sia mediamente distribuita fra i diversi reparti ed ambiti funzionali di una struttura ospedaliera in Italia.

L'ospedale utilizza sostanzialmente due forme di energia, con la ripartizione percentuale approssimativa:

- energia termica: 80-85%;
- energia elettrica: 15-20%.

Sulla base dei dati rilevanti in numerose indagini statistiche, la ripartizione percentuale del consumo di energia di un ospedale, considerando i vari impianti che possono essere presenti, risulta mediamente:

- 40% riscaldamento, climatizzazione, ventilazione;
- 20% impianti elettrici;
- 14% lavanderia;
- 12% acqua calda sanitaria;
- 12% cucina;
- 2% sterilizzazione.



La sala operatoria costituisce un centro di consumo particolare, a se stante, che è presente anche negli ospedali privi di impianto di condizionamento generale. Ogni sala operatoria è infatti sempre dotata di proprio impianto di condizionamento indipendente, espressamente studiato per il tipo di servizio, con valori di temperatura, ricambi d'aria, potenza, ecc. adeguati al servizio. Le sale operatorie funzionano con orari particolari, indipendenti dai restanti impianti, e data la limitata potenza e la finalità del servizio, tali impianti non vengono in genere considerati nei programmi di risparmio energetico.

I rilievi eseguiti indicano che una non indifferente quota parte di tale energia viene perduta, per molte ragioni: obsolescenza dei fabbricati e degli impianti, inadeguata scelta o proporzionamento, difetti di gestione, ecc.

In conclusione si può ammettere, con sufficiente approssimazione, che l'energia complessiva consumata nell'ospedale sia dovuta per circa 1/3 alle dispersioni attraverso strutture che costituiscono l'involucro esterno del fabbricato, e per 2/3 al funzionamento di tutti i sistemi e impianti, inclusa la ventilazione. In pratica, una famiglia di tre persone che abita in una casa di 90 mq consuma, in un anno, circa lo stesso quantitativo di combustibile per il riscaldamento ambiente di un solo posto letto ospedaliero.

Pur considerando che per l'ospedale il periodo giornaliero di riscaldamento e le temperature richieste sono superiori a quelle relative a un'abitazione, risulta evidente ed eccessivo il consumo.

Lo studio del CADDET4 *"Saving Energy with Energy Efficiency in Hospitals"* riporta per i consumi elettrici:

- per l'Italia 5,1 MWh/pl anno;
- per gli altri Paesi dell'EU, 16,1 MWh/pl anno (average value) e 145 kWh/mq anno

Per quanto riguarda i dati di energia termica per letto, il rapporto del CADDET riporta:

- per l'Italia: 23,3 MWh/pl anno;
- per gli altri membri EU, 33,9 MWh/pl anno.

7.2 Normative

Le norme e le leggi per la progettazione di una struttura sanitaria sono molteplici e riguardano svariati campi di applicazione, data la complessità e l'importanza sociale della struttura e la situazione delicata in cui si trovano i suoi utenti. Limitando l'attenzione alle condizioni di benessere ambientale legato al condizionamento dei locali, i parametri da tenere sotto controllo sono la temperatura, l'umidità relativa e la concentrazione di inquinanti (carica batterica, gas medicali, etc.). Questi parametri determinano la buona o cattiva qualità dell'aria e tale controllo avviene indirettamente tramite la definizione di tassi di ventilazione o di filtraggio, di specifiche condizioni di pressione e temperatura dei locali, di ammissibilità o meno di ricircolo dell'aria stessa. I riferimenti legislativi successivi sono quindi limitati a questi aspetti, particolarmente importanti per il benessere e per il raggiungimento stesso dell'obiettivo di una struttura sanitaria.

La normativa italiana vigente in materia di benessere termoigrometrico nelle strutture sanitarie si basa principalmente su due testi di riferimento: la Circolare del

Ministero dei Lavori Pubblici del 22/11/1974, n. 13011, e il DPR del 14/1/1997. La prima consiste in un brevissimo scritto dal titolo “Requisiti fisico-tecnici per le costruzioni edilizie ospedaliere. Proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione”, che per troppi anni è stato l’unico testo del corpus legislativo per strutture sanitarie a disciplinare tale settore e in aggiunta in modo insufficiente. Il secondo invece, disciplinando i requisiti minimi per l’esercizio dell’attività sanitaria, ha colmato tale vuoto normativo e fornito indicazioni tecniche dettagliate necessarie per la progettazione degli impianti e dell’edificio. Vi sono inoltre specifiche normative tecniche che disciplinano i vari settori: le principali di nostro interesse sono la UNI 10339 “Impianti idraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d’offerta, l’offerta, l’ordine e la fornitura” e la UNI/TS 11300-2 “Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”. In particolare, la prima fornisce dati tecnici a seguito della Circolare 13011 in merito alla ventilazione e ai dispositivi per garantire una buona qualità dell’aria, la seconda invece fornisce dei valori plausibili di richiesta di acqua calda sanitaria da parte delle strutture ospedaliere e conseguenti metodi di calcolo del fabbisogno di energia primaria.

Nel paragrafo dei requisiti termoigrometrici e di ventilazione per gli ambienti, la Circolare 13011 prescrive che siano rispettati i seguenti punti:

- temperatura degli ambienti di $20^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$ in tutti i reparti ospedalieri, compresi i servizi, garantita durante il periodo invernale mediante impianto di riscaldamento; si ricordi che anche nel DPR 412 del 1993 viene confermata come temperatura massima ammissibile in tale tipologia di edificio (e in tutte le altre ad eccezione delle strutture industriali) quella di $20^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$, senza ulteriori differenziazioni;
- nelle camere di degenza, nei locali ad uso collettivo e nei disimpegni durante il periodo invernale deve essere garantito un valore di umidità relativa del $40\% \pm 5\%$;
- i valori di ricambio d’aria devono essere quelli riassunti in Tabella 1 e garantiti da un impianto di ventilazione forzata in cui l’aria venga opportunamente filtrata e successivamente immessa negli ambienti a velocità non superiori a 0.15 m/s ;
- nei blocchi operatori, sale travaglio, rianimazione, parti prematuri, lattanti, terapia intensiva, centro dialisi, settore sterile e laboratori d’analisi deve esserci un impianto di condizionamento senza ricircolo che garantisca sia in estate sia in inverno il rispetto degli obblighi su esposti, o in ogni caso devono essere rispettati i valori della UNI 5104 (poi divenuta UNI 10339).

Zona	Ricambio ora
Degenze	2 vol/h
Degenze bambini	3 vol/h
Reparti diagnostica	6 vol/h
Reparti speciali	6 vol/h
Isolamento	12 vol/h
Servizi igienici	10 vol/h
Soggiorno	30 m ³ /h per persona

I parametri di ventilazione minimi obbligatori secondo la UNI 10339 per ospedali, case di cura, cliniche e assimilabili, ricordando che anche qui viene ribadito che non è ammesso usare aria di ricircolo, sono contenuti nella tabella seguente:

Zona	Ricambio ora
Degenze	11 l/s per persona
Corsie	11 l/s per persona
Camere sterili	11 l/s per persona
Camere per infettivi	Specifica in base all'esigenza
Sale mediche/soggiorni	8.5 l/s per persona
Terapie fisiche	11 l/s per persona
Sale operatorie	Specifica in base all'esigenza
Servizi Igienici	Estrazioni 8 vol/h

Come si nota, anche per le degenze e per le corsie è resa obbligatoria la ventilazione senza ricircolo, particolarmente onerosa a livello energetico e forse

eccessivamente severa. Nella stessa normativa vengono anche specificate le classi di filtri e l'efficienza di filtrazione per le diverse categorie di edifici

Zona	Classe di filtri (min-max)	Efficienza di filtrazione
Degenze	6-8	Alta
Corsie	6-8	Alta
Camere sterili e infettivi	10-11	Altissima
Maternità, anestesia e radiazioni	10-11	Altissima
Prematuri e sale operatorie	11-12	Altissima
Visite mediche	6-8	Alta
Soggiorni e terapie fisiche	6-8	Alta

La stessa norma UNI 10339 riporta le velocità dell'aria ammissibile nel volume occupato per mantenere le condizioni di benessere. Gli obblighi legati ai ricambi d'aria e alle velocità di immissione sono strettamente legati tra di loro.

Zona	Riscaldamento [m/s]	Raffrescamento [m/s]
Degenze, corsie, camere sterili, infettivi, visite mediche e soggiorni	0.05-0.1	0.05-0.15
Maternità, anestesia, radiazioni, prematuri e sale operatorie	0.05-0.1	0.05-0.15
Terapie fisiche	0.1-0.2	0.15-0.25

È in questo quadro normativo vigente e sufficiente fino ai tardi anni Novanta che s'inserisce il

secondo testo di riferimento prima citato. Il DPR del 1997 definisce i requisiti minimi che devono essere rispettati ed applicati da parte di una struttura sanitaria, in termini di politica, obiettivi ed attività, di struttura organizzativa, di gestione delle risorse umane e tecnologiche, di valutazione e miglioramento della qualità, di sistema informativo. Inoltre i requisiti minimi strutturali, tecnologici e organizzativi specifici per le varie strutture, differenziate in quelle di assistenza ambulatoriale, ricovero ospedaliero a ciclo continuato o diurno per acuti e ricovero non ospedaliero, sono ulteriormente suddivisi in base alla destinazione d'uso delle varie zone della struttura stessa.

La sezione più interessante del DPR riguarda i requisiti minimi impiantistici delle strutture

ospedaliere a ciclo continuato o diurno per acuti. Il complesso sanitario viene suddiviso in 13 ambienti funzionali. In particolare per 6 zone (medicina nucleare, attività di radioterapia, day-hospital, daysurgery, pronto soccorso ospedaliero e area di degenza) non vengono definite delle specifiche condizioni di benessere, ma sussistono soltanto altri obblighi di sicurezza e di igiene (alimentazione da impianto forza motrice, impianto gas medico, illuminazione di emergenza e altro), per cui molti progettisti si riferiscono alla circolare precedente o a normativa estera.

Di seguito sono riportati i principali requisiti termoigrometrici e di ventilazione, divisi per zone

in cui sono specificati dal DPR:

1. Reparto operatorio

- temperatura interna invernale ed estiva compresa tra 20 e 24°C
- umidità relativa invernale ed estiva compresa tra 40% e 60%
- ricambi d'aria di 15 volumi/ora e obbligo d'aria esterna senza ricircolo (occorre specificare che le Linee Guida dell'ISPESL del 23/7/1999 ammettono che, fatti salvi i 15 volumi/ora d'aria esterna, si possono incrementare questi stessi utilizzando anche aria di ricircolo limitata alla singola sala operatoria, ossia non si possono miscelare flussi d'aria provenienti da due distinte sale operatorie; questo per equipararsi agli altri stati europei, che prevedono la possibilità di ricircolo)
- filtraggio dell'aria del 99.97%

2. Punto nascita-blocco parto

- temperatura interna invernale ed estiva compresa tra 20 e 24°C

- umidità relativa invernale ed estiva compresa tra 30% e 60%
 - ricambi d'aria di 6 volumi/ora e obbligo d'aria esterna
3. Rianimazione e terapia intensiva
 - temperatura interna invernale ed estiva compresa tra 20 e 24°C
 - umidità relativa invernale ed estiva compresa tra 30% e 60%
 - ricambi d'aria di 6 volumi/ora e obbligo d'aria esterna
 4. Gestione farmaci e materiale sanitario
 - temperatura interna invernale ed estiva compresa tra 20 e 26°C
 - umidità relativa invernale ed estiva compresa tra 45% e 55%
 - ricambi d'aria di 2 volumi/ora e obbligo d'aria esterna
 - classe di purezza del filtraggio dell'aria in conformità a filtri di media efficienza
 5. Servizio di sterilizzazione e servizio di disinfezione
 - temperatura interna invernale ed estiva compresa tra 20 e 27°C
 - umidità relativa invernale ed estiva compresa tra 40% e 60%
 - ricambi d'aria di 15 volumi/ora e obbligo d'aria esterna
 - classe di purezza del filtraggio dell'aria in conformità a filtri di media efficienza
 6. Servizio mortuario
 - temperatura interna invernale ed estiva non superiore a 18°C per i locali con
 - presenza di salme
 - umidità relativa invernale ed estiva compresa tra 55% e 65%
 - ricambi d'aria di 15 volumi/ora e obbligo d'aria esterna

Ad integrazione delle normative italiane si possono citare anche le più importanti normative estere, in particolare la tedesca DIN 1946/87 e la statunitense ASHRAE 62-1989. Le condizioni di pressione prescritte da quest'ultima ai vari locali, al fine di evitare possibili contaminazioni e fughe di flussi batterici.

Zona	Condizioni di pressione
Sale operatorie, traumatologia, parto, nursery e terapia intensiva	Sovrapressione
Camera di degenza normale	Controllo non necessario
Servizi igienici	Sottopressione

Reparti d'isolamento per infettivi	Sottopressione
Reparti d'isolamento per immunodepressi	Sovrappressione
Laboratori	Specifica in base alle esigenze
Visite mediche	Non necessarie
Locali medicazione	Sovrappressione
Sterilizzazione e lavanderia	Sottopressione

Per quanto riguarda invece la richiesta d'acqua calda sanitaria, le uniche indicazioni sono quelle specificate nella normativa UNI/TS 11300-2. Tali valori si riferiscono ad una temperatura dell'acqua calda di 40°C e ad una temperatura dell'acqua d'acquedotto di 15°C. Nel caso di struttura ospedaliera a ciclo continuato (non solo diurno) senza lavanderia non si hanno valori di riferimento e quindi sono stati utilizzati i valori di fabbisogno per strutture ricettive paragonabili a quelle sanitarie. Inoltre occorre tener presente che in molti ospedali il numero di posti letto non è un dato particolarmente significativo e quindi porterebbe ad una stima della spesa energetica per ACS discordante dal dato reale. Questo si capisce bene in quelle strutture dedicate in larga parte a riabilitazione e terapia fisica, in cui vi sono anche alcune palestre, ma in cui vi sono pochi posti letto. In tal caso si può utilizzare come indicatore il numero di docce installate, adottando il valore riportato in Tabella. In generale è comunque bene verificare le stime fornite, integrandole con dati reali, se disponibili.

Categoria d'edificio	Fabbisogno specifico ACS
Attività ospedaliera di day hospital	10 l/g per posto letto
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90 l/g per persona
Hotel a 2 stelle senza lavanderia	50 l/g per persona

Attività sportive e palestre	100 l/g per doccia installata
------------------------------	-------------------------------

Un ulteriore aspetto da considerare è l'illuminazione dei locali a destinazione d'uso sanitaria.

Anch'essa è disciplinata dalla Circolare 13011 e dal DPR del 14/1/1997. In particolare, la prima

prescrive i seguenti valori minimi per i livelli d'illuminazione naturale e artificiale:

- 300 lux sul piano di osservazione medica (escluso il piano operatorio);
- 200 lux sul piano di lavoro negli spazi per lettura, nei laboratori e negli uffici;
- 100 lux su un piano ideale posto a 0.6 m dal pavimento negli spazi per riunioni e per ginnastica;
- 80 lux su un piano ideale posto a 1 m dal pavimento nei corridoi, nelle scale, nei servizi igienici, negli atrii e negli spogliatoi.

Queste condizioni di illuminamento devono essere assicurate in qualsiasi situazione di cielo e in ogni punto dei piani di utilizzazione considerati, mediante uno stretto rapporto di integrazione dell'illuminazione naturale con quella artificiale. Particolare cura deve inoltre essere posta per evitare fenomeni di abbagliamento, sia diretto sia indiretto, facendo in modo che nel campo visuale delle persone non compaiano oggetti la cui luminanza sia 20 volte superiore ai valori medi.

Il DPR del 1997 si limita invece a indicare come requisito minimo impiantistico la presenza di illuminazione d'emergenza nel reparto operatorio, nel punto nascita, in rianimazione e terapia

intensiva, al pronto soccorso, negli ambulatori, nelle degenze e negli spazi per sterilizzazione, disinfezione e servizio mortuario.

Eccezionale attenzione va dunque posta sulla sicurezza degli impianti elettrici e termici, in modo da garantire senza soluzione di continuità il soddisfacimento dei requisiti normati, tramite l'affidabilità dei componenti e la ridondanza per l'esercizio di emergenza.

I frigoriferi per la loro conservazione non solo devono avere garantita la continuità elettrica, ma, come ulteriore misura di sicurezza, si deve prevedere una dotazione di registratori di temperatura e sistema di allarme.

7.3 Consumi storici registrati in Italia.

Per affrontare un'analisi dettagliata della spesa energetica degli ospedali è fondamentale cercare

di delineare un quadro nazionale dei consumi in questo settore. Purtroppo dati disaggregati sono di difficile reperibilità, principalmente perché i soggetti che li hanno raccolti, generalmente tramite

affidamento di specifici incarichi contrattuali, non intendono divulgarli oppure sono tenuti a mantenere il segreto statistico. Un'ulteriore difficoltà nella raccolta d'informazioni dalle aziende sanitarie è dovuta allo scarso interesse che la dirigenza solitamente mostra nei confronti del problema del consumo energetico. Infatti, alla luce della bassa incidenza di questa spesa all'interno dell'economia complessiva di un'azienda sanitaria, essa può risultare poco propensa a interventi migliorativi. In particolare, nel bilancio complessivo del Sistema Sanitario Nazionale (99 miliardi di euro nel 2006) l'approvvigionamento di combustibile (escluso quello per il trasporto a motore) e il rifornimento di energia elettrica incidono per circa il 2%. Queste due spese infatti corrispondono, rispettivamente, al 5% e al 2.2% della quota di bilancio relativa a beni e servizi, la quale, a sua volta, è pari al 27% della spesa totale. A livello regionale questi valori si discostano di poco. Abbiamo dunque a che fare con una spesa per l'energia bassa in senso relativo, ma decisamente significativa in senso assoluto per il Paese, poiché corrispondente a quasi 2 miliardi di euro annui. Non va inoltre dimenticato che un miglioramento dell'efficienza energetica non deve per forza tradursi soltanto in un vantaggio economico rilevabile in bolletta, ma può essere anche impiegato per incrementare il benessere termoigrometrico e la salubrità degli ambienti, a maggior ragione visto il fine stesso degli edifici in esame e la particolare condizione in cui si trovano i suoi utenti.

Fortunatamente la presenza dell'Energy Manager (responsabile per l'uso razionale dell'energia)

obbligatoria per tutte le aziende ospedaliere pubbliche o private che superino 1000 TEP annue di

consumo energetico. Ogni anno, nel modulo di nomina del dirigente da parte della struttura sanitaria, viene comunicato il consumo totale che giustifichi l'adempimento alla legge. Queste informazioni sono raccolte dalla FIRE per conto del Ministero dello Sviluppo Economico. In assenza di una vera e propria anagrafe dei consumi, essi rappresentano i dati disaggregati più numerosi e maggiormente distribuiti sul territorio nazionale. D'altro canto, in questi conteggi sono escluse

tutte le aziende che, nonostante l'obbligo di legge, non hanno ancora provveduto alla nomina dell'Energy Manager, oltre alle innumerevoli realtà ospedaliere medio-piccole, con consumi inferiori al limite della kTEP annua.

Regione	Consumi elettrici e termici [kTEP]	Numero di Posti letto	Consumi specifici [KTEP/p.l]
Valle d'Aosta	3.57	416	8.58
Piemonte	94.4	6648	14.2
Liguria	17.7	2559	6.92
Lombardia	486	19838	24.5
Veneto	70.1	10772	6.51
Trentino Alto Adige	18.3	840	21.8
Friuli Venezia Giulia	15.0	2261	6.63
Emilia-Romagna	59.5	8746	6.80
Toscana	44.1	6903	6.39
Marche	41.1	948	43.4
Lazio	59.8	5906	10.1
Abruzzo	10.9	2283	4.77
Molise	10.0	1843	5.43
Campania	9.36	1259	7.43
Basilicata	82.2	1372	59.9
Puglia	49.7	5858	8.48

Calabria	5.56	642	8.66
Sicilia	39.4	7473	5.27
Sardegna	9.37	2465	3.80
Totale	1126	89032	12.6

7.4 ANALISI ENERGETICA DEL NUOVO POLO ONCO EMATOLOGICO DI REGGIO EMILIA

7.4.1 Il progetto a bando di gara



L'edificio posto a gara pubblica è il frutto di un'attenta e dettagliata progettazione, a seguito dello studio svolto congiuntamente dal team di progettazione e dal servizio tecnico, al fine di individuare una soluzione progettuale che coniugasse le necessità del nuovo polo di ricerca con le tematiche legate al comfort, al risparmio energetico ed alla flessibilità necessaria ad un edificio di tali dimensioni ed importanza.

Il risultato è una struttura compatta nella forma architettonica ed al contempo moderna ed attenta alle varie tematiche oggi giorno imprescindibili:

- Sicurezza statica e strutturale
- Facile fruibilità
- Flessibilità degli spazi esterni
- Sostenibilità ambientale
- Progettazione partecipata e condivisa

Il progetto si articola su sei livelli, ciascuno destinato ad una specifica attività e con proprie necessità in termini di spazi, caratteristiche di comfort indoor in unione dell'uso; aspetti di sostenibilità energetica, acustica e termica.

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio a pianta rettangolare con 5 appendici: 4 gruppi di saliti e uno spazio per attrezzature funzionali e facilmente accessibili dal corpo scala stesso (bussola calda per ambulanze...)

Le facciate esterne dal punto di vista dei materiali e delle finiture (che si ripercuotono anche sulle caratteristiche di involucro termico) sono identificabili con due distinti trattamenti:

- Chiusure opache con faccia vista esterna
- Facciate continue vetrate intervallate da moduli opachi in vetro smaltato

La copertura è di tipo piano per ospitare gli impianti termici opportunamente schermati da una "copertura" realizzata tramite lamelle continue in alluminio.

Dal punto impiantistico, l'edificio (come la maggior parte dei fabbricati ospedalieri) è ad elevatissima dotazione tecnologica. In particolare gli impianti progettati si analizzano in funzione della loro funzionalità finale:

- a) Impianto di ventilazione meccanica controllata = sistema centralizzato suddiviso in zone mediante apposite canalizzazioni e cassette motorizzate regolatrici di portata. Tale impianto assolve anche alle funzioni di controllo igrometrico della qualità degli ambienti.
- b) Impianto di climatizzazione invernale = sistema collegato alla rete di teleriscaldamento urbano connesso alla rete di distribuzione con elementi di emissione in bocchette e diffusori a tutt'aria fancoil e qualche radiatore nei servizi igienici

- c) Impianto di produzione ACS = deriva direttamente dalla rete cittadina di teleriscaldamento senza l'utilizzo di risorse rinnovabili ad integrazione.
- d) Impianto per la climatizzazione estiva = l'uso di UTA e di un sistema a tutt'aria permette, sfruttando anche la linea refrigerata dell'ospedale esistente, (teleriscaldamento con torre evaporativa) di climatizzare gli ambienti garantendo inoltre il controllo igrometrico degli ambienti.
- e) Impianto di forza motrice = impianto per la fornitura di corrente elettrica per gli usi medici, attrezzature mediche, illuminazione. Si tratta di un impianto connesso alla rete nazionale e ai generatori di emergenza in caso di black out elettrico

La progettazione di tutte queste opere è stata svolta rispettando tutte le normative tecniche cogenti relative ai vari settori, non solo attenendosi al soddisfacimento dei minimi di legge, ma andando a migliorare i parametri ove possibile.

Dal punto di vista più generale tutti gli impianti vengono alloggiati in vani tecnici o cavedi facilmente ispezionabili e mantenibili.

Dal punto di vista della sostenibilità ambientale, in senso più ampio del termine, il progetto analizza e risolve alcune importanti tematiche che permettono anche di dare "più umanità" al nuovo edificio.

I principali aspetti analizzati che verranno, unitamente a quelli sull'efficienza energetica, valutati in seguito con maggior dettaglio sono così riassumibili:

- A. Risparmio idrico = attraverso l'utilizzo di cassette WC a doppio pulsante, rete e cisterna di recupero delle acque meteoriche per irrigazione del verde e utilizzo nelle torri evaporative.
- B. Illuminazione naturale = grazie alla grande facciata continua vetrata è possibile aumentare il fattore medio di luce diurna, l'uso di schermature esterne permette invece di controllare gli eccessivi apporti luminosi estivi.
- C. Illuminazione artificiale = utilizzo di sistemi illuminanti a led e di tipo fluorescente oltre che impianti di accensione automatica in funzione della presenza di persone.

- D. Comfort acustico = analisi delle necessità legate alla tranquillità dei degenti e al controllo del rumore di fondo delle attività e degli impianti.

Tutti questi parametri permettono, nel rispetto, ma anche in piena attuazione alle norme vigenti, nonché agli sviluppi tecnologici, di contenere gli impatti antropici dell'edificio sul contesto circostante.

7.4.2 Dati generali

L'edificio sviluppato su 6 livelli e tutti quasi interamente climatizzati, ha un rapporto di forma molto compatto pari a $0,21 \text{ m}^{-1}$

Questa scelta progettuale permette di attuare “facili” interventi di controllo delle dispersioni dell'involucro.

Dal progetto generale, allo stato attuale, i posti letto di degenza sarebbero:

piano terra 14 di day hospital
altri piani 100 di degenza

a questo punto è possibile stabilire i limiti minimi imposti dalla normativa regionale

		DAL 156/08	DGR 1362/10
$(EPI)_{lim}$		11,46	10,31 (11,46 – 10%)
$EP_{ACS LIM}$	Day hospital	0,16	0,18
	Degenza	0,73	0,85
	Bar	0,11	0,10 (0,12 -10%)
$EP_{tot LIM}$		12,47	1,46
Classe Energetica		B	B

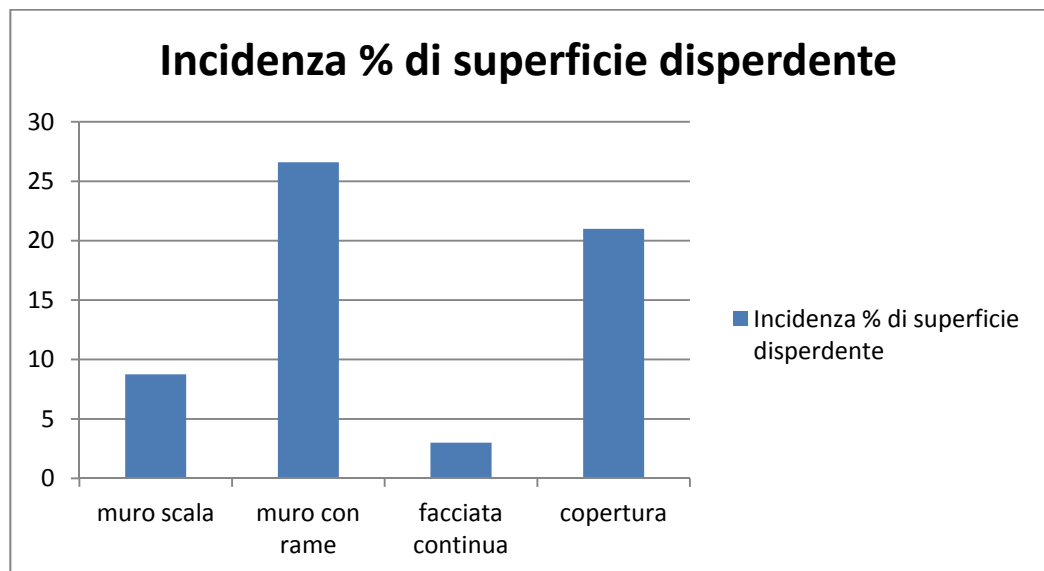
La scelta di utilizzare come generatore per la climatizzazione invernale e ACS il teleriscaldamento permette, essendo quello di Reggio Emilia in assetto cogenerativo, di esulare dagli obblighi di installazione del 50% di rinnovabili per la produzione di ACS e di 75 kwp di fotovoltaico (0,5 Kwp/100m SU)

7.4.3 Involucro edilizio

Rispetto ai calcoli utilizzando i parametri di ventilazione tipici delle specifiche tecniche per gli ospedali, l'uso di ricambi aria più ridotti permette alle chiusure opache e vetrate di incidere maggiormente nelle dispersioni.

Le stratigrafie principali ricorrenti sono sintetizzabili con:

- A. Muro faccia vista su scala
- B. Facciata in rame ventilata
- C. Facciata continua
- D. Copertura



Analizzando la singola stratigrafia si possono individuare spunti o idee per un miglioramento dell'involucro.

Le caratteristiche dei materiali da costruzione utilizzati, fanno riferimento alla norma UNI 10351 con le relative maggiorazioni m per la posa in opera, manipolazione, umidità...

A seguito si indicano alcune conducibilità utilizzate

	r	λ_m	m	λ_D	
CLS (interno)	2400	1,66	15	1,91	
CLS (esterno)	2400	1,66	25	2.15	
EPS	50	0,031	10	0,034	
LANA DI ROCCIA	100	0.031	10	0,034	
POROTON	800	0,23	65%	0,38	

Muro
vista su
Il muro in
stratificato con struttura interna portante in Cls, isolante termico e mattone pieno esterno faccia vista.

faccia
scala
oggetto è

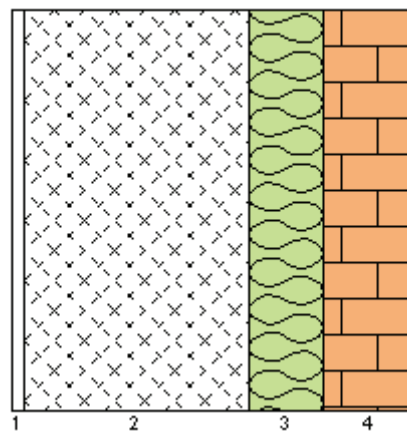


Figura 1: schematizzazione della parete opaca

Parete vano scala facciavista				
strato	spess	lamdba	densita	R

R _{si}				0,13
intonaco	0,01	0,7	1400	0,014286
calcestruzzo	0,3	1,91	2400	0,157068
EPS	0,1	0,034	50	2,941176
Mattone facciavista	0,12		1800	0,15
R _{se}				0,04
R _{tot}				3,43253
U				0,29133

Il muro per poter essere realizzato necessita di ancoraggi/staffaggi metallici o in alluminio. Considerando di porre circa 4 staffe del diametro di 8 ogni mq, tali parametri inducono ponti termici puntuali che peggiorano la trasmittanza della parete così come previsto dalla UNI 6946.

$$\Delta U_s = \alpha_f \cdot n_f \cdot \lambda_f \cdot A$$

$$\Delta U_s = 6 \cdot 4 \cdot 52 \cdot \frac{\pi \cdot 0.008^2}{4} = 0.062 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tale valore sommato a quello della parete oggetto di calcolo porta la trasmittanza del componente opaco a:

$$\begin{aligned} U_{corretta} &= U_p + \Delta U \\ &= 0,29 + 0,062 = 0,352 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

Ai fini del miglioramento della prestazione della parete si può agire sotto vari aspetti

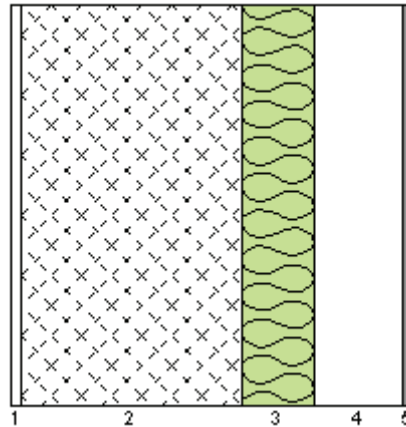
- Riduzione dell'incidenza del ponte termico di staffaggio ad esempio utilizzando i ganci in alluminio misto a plastica a ridotta conducibilità;
- Utilizzo di un altro isolante (di sintesi chimica) ma a più alto potere coibente dal punto di vista estivo (più massa termica); ad esempio lana di roccia ad alta densità. La trasmittanza risulterebbe essere pari alla precedente dal punto di vista invernale, ma migliore dal punto di vista estivo. Il polistirene e la lana di roccia hanno una conducibilità termica identica.

Parete vano scala facciavista				
strato	spess	lamdba	densita	R
Rsi				0,13
intonaco	0,01	0,7	1400	0,014286
calcestruzzo	0,3	1,91	2400	0,157068
Lana di roccia	0,1	0,034	100	2,941176
Mattone facciavista	0,12		1800	0,15
Rse				0,04
Rtot				3,43253
U				0,29133

- Aumentare di qualche cm di spessore lo strato isolante al fine di rendere la trasmittanza termica pari a quella teorica di legge ($U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$). In tal caso lo spessore isolante è di circa 15 cm.

Parete vano scala facciavista				
strato	spess	lamdba	densita	R
Rsi				0,04
intonaco	0,01	0,7	1400	0,014286
calcestruzzo	0,3	1,91	2400	0,157068
EPS	0,15	0,034	100	4,411765
Mattone facciavista	0,12		1800	0,15
Rse				0,13
Rtot				4,903118
U				0,203952

Parete opaca di sottotetto ventilata con lastra di rame esterna



In tal caso il calcolo della trasmittanza termica si ferma alla lama d'aria (UNI 6946) e si devono aggiungere i ponti termici indotti dagli staffaggi/struttura che sostiene il rame esterno.

La trasmittanza termica diventa pertanto, supponendo la stessa quantità di supporti della parete precedentemente analizzata:

Parete ventilata con rame				
strato	spess	lamdba	densita	R
Rsi				0,13
intonaco	0,01	0,7	1400	0,014286
calcestruzzo	0,3	1,91	2400	0,157068
EPS	0,1	0,034	50	2,941176
lama d'aria	0,12		0	0
Rse				0,13
Rtot				3,37253
U				0,296513

$$U_{cor} = U_p + \Delta U = 0,296 + 0,062 = 0,358 \text{ W/m}^2\text{K}$$

In questo caso l'unica soluzione fattibile è quella di implementare lo spessore della struttura fino al raggiungimento della trasmittanza limite di norma ossia di circa 14 cm.

Parete ventilata con rame				
strato	spess	lamdba	densita	R
Rsi				0,13
intonaco	0,01	0,7	1400	0,014286
calcestruzzo	0,3	1,91	2400	0,157068
EPS	0,14	0,034	50	4,117647
lama d'aria	0,12		0	0
Rse				0,13
				Rtot
				4,549001
				U
				0,219828

Facciata continua vetrata

Tale “stratigrafia” è quella che copre maggiormente l’involucro esterno che risulta essere prevalentemente vetrato.

Tale scelta, se dal punto di vista architettonico “dona” all’edificio un aspetto moderno e leggero, dal punto di vista energetico rappresenta una scelta molto forte che indubbiamente va analizzata con metodica:

1. Ottimizza gli apporti solari nel periodo invernale
2. Ottimizza l’apporto di luce naturale all’interno degli ambienti
3. Presenta schermature mobili azionabili elettricamente per il controllo del soleggiamento estivo
4. Potrebbe rappresentare una condizione di discomfort se all’interno dell’ambiente confinato ha una temperatura media radiante molto inferiore a quella delle altre pareti.

Il calcolo della trasmittanza termica di tale parete deve essere eseguita ai sensi della norma UNI 13947 ed in particolare si deve far riferimento alle facciate strutturali:

$$U_{cw} = \frac{\Sigma U_g A_g + \Sigma U_p A_p + \Sigma U_{tj} A_{tj}}{\Sigma A_g + \Sigma A_p + \Sigma A_{tj}}$$

Dove:

U_g = trasmittanza termica del vetro

U_p = trasmittanza dei pannelli

U_{tj} = trasmittanza del Thermal joint (unione del telaio + la parte di vetro che entra nel telaio)

Dovendo caratterizzare la facciata in progetto:

$$U_g = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_p = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{tj} = 9,97 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{cw} \cong 1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Per poter migliorare la prestazione energetica di tale elemento, è necessario agire moltissimo sulla struttura di sostegno (tj) al fine di ridurre drasticamente la dispersione termica.

Un altro aspetto è quello di migliorare le caratteristiche termiche del pannello opaco che nel caso in questione viene rappresentato dalle parti riflettenti opache poste (rispetto ad ogni piano) nella zona del basamento e del solaio superiore.

Modificando tali particolari è possibile arrivare ad avere una

$$U_{cw} = 1 \text{ o } 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Attenzione: i comuni software commerciali in regime quasi stazionario non trattano le facciate continue vetrate e li equiparano a tanti serramenti. Si deve quindi porre molta attenzione al calcolo dell'elemento per non introdurre migliorie nel calcolo dell'involucro che effettivamente non sono presenti. Vista la notevole estensione dell'area ogni piccolo errore di imputazione diventa macro nell'analisi energetica complessiva.

Solaio piano di copertura

Tale struttura opaca ai fini del contenimento energetico è molto importante, rappresentando la chiusura finale superiore dell'immobile. Essendo piana e non ventilata, molto importante risulta anche l'analisi dei parametri estivi (sfasamento, attenuazione o trasmittanza termica periodica).

Analizzando quindi la trasmittanza termica dell'elemento si evince che la trasmittanza termica dell'elemento, apportando le correzioni risulta essere:

Sostanzialmente le uniche migliorie attuabili si possono sintetizzare come:

- a. Incremento dello stato isolante e/o posa di differente materiale
- b. Creazione di un controsoffitto strutturale capace di ridurre le dispersioni in senso assoluto attraverso abbattimento della temperatura nello strato interno della copertura.

La soluzione a migliora in assoluto la trasmittanza dell'elemento. Si suggerisce comunque di inserire un materiale ad elevata densità, al fine di ottimizzare le condizioni estive (es. Kenaf ad alta densità, lana di roccia...)

8

Capitolo Ottavo

CONCLUSIONI E SINTESI DELLA RICERCA

La tesi costituisce la sintesi delle elaborazioni energetiche, degli studi e delle ricerche sviluppate nei tre anni di corso presso la Facoltà di Architettura dell'Università di Ferrara nell'ambito del XXIV ciclo di Dottorato di Ricerca in Tecnologie Chimiche ed Energetiche presso l'Università di Udine.

La tesi è finalizzata principalmente all'elaborazione di modelli e azioni migliorative anche mirate per la pianificazione energetica del territorio e la corretta gestione riconversione dello stesso in chiave di sostenibilità energetica ed ambientale.

OBIETTIVI

Una volta valutato attentamente lo scenario normativo internazionale, nazionale e locale nonché le caratteristiche dei vari luoghi di studio e di vita è stato condotto uno studio con l'obiettivo di giungere all'elaborazione di un modello di valutazione dei fabbisogni energetici del territorio e il suo quadro emissivo in termini di gas effetto serra con la successiva elaborazione di azioni possibili e potenziale per ridurre sia i fabbisogni che le emissioni stesse. Cioè è stato possibile grazie alla predisposizione di una metodologia di diagnosi dei consumi storici potenzialmente intrinseci al territorio (se disponibili) che ha permesso di elaborare un metodo di calcolo della situazione energetica del territorio testandone la validità su due casi studio.

Una volta valutata la situazione del territorio la ricerca ha portato ad individuare potenziali azioni di miglioramento dei fabbisogni energetici attraverso applicazioni nel settore edilizio di edifici a basso impatto energetico ed ambientale, tra i quali anche lo studio del modello di "casa passiva mediterranea"; nel settore industriale legato alla pianificazione urbanistica dell'efficienza energetica delle aree industriali; nel settore ospedaliero attraverso l'analisi dei fabbisogni energetici di alcuni ospedali e l'elaborazione di un modello matematico di confronto. A questo si aggiunge anche l'elaborazione di modelli e sistemi per definire piani di azione ed efficientamento del parco immobiliare pubblico.

RILIEVO ENERGETICO DEL TERRITORIO

Il metodo della ricerca ha previsto una lunga campagna di valutazione dei dati essenziali che descrivono in maniera efficace le caratteristiche energetiche ed

emissive di un territorio. In particolare questa operazione è stata condotta direttamente sul campo al fine di reperire i dati sia per il Comune di Parma che per l'Unione dei Comuni di Palagano, Polinago e Lama Mocogno. Grazie alla campagna di acquisizione dei dati dai vari operatori sul territorio è stato possibile sia testare con malo la difficoltà di ottenere dati tipi del territorio, sia di ottenere dati omogenei anche immediatamente trattabili. L'obiettivo era quella di individuare un formulario per l'ottenimento dati e una prima elaborazione da riprodurre in altre realtà.

Delle due realtà valutate è stato possibile compiere una elaborazione di Piano Energetico Comunale o Infracomunale che ha permesso di mettere in luce sia le peculiarità del territorio sia le sue criticità o ipotesi di miglioramento attraverso una pianificazione sia di interventi di retrofit sia di buone pratiche di sviluppo al fine di ridurre il fabbisogno di energia primaria da fonte fossile e ridurre le emissioni di gas climalteranti.

Alla luce dell'impegno italiano nei confronti dei Protocolli di Kyoto e Copenhagen e verificata l'incidenza dei diversi settori nel bilancio dei territori la risuzione a livello globale di questi parametri risulta necessaria al fine di attuare azioni concrete per il miglioramento energetico dell'intero paese Italia e la lotta ai cambiamenti climatici.

PIANO/PROGRAMMA ENERGETICO

La fase successiva della ricerca ha preso in considerazione esempi di piani energetici di territori più o meno vasti al fine di rintracciare un *modus operandi* comune dal momento che attualmente non esiste una metodologia univoca per la determinazione e definizione del bilancio e degli scenari futuri.

La fase successiva della ricerca ha preso in considerazione, dalla lettura di piani energetici esistenti, la mancanza di una metodologia univoca per la definizione del quadro energetico passato (bilancio) e degli scenari di sviluppo futuri.

Differenti sono invece le metodologie di elaborazione del quadro emissivo di attività umane e dei territori dove in letteratura sono presenti varie fonti sia di ricerca che contenute in disposti normativi.

L'elaborazione di metodologie di calcolo per la valutazione dei consumi del territorio sono state analizzate con il fine di garantirne una facile replicabilità sui territori. In un periodo di crisi economica e di povertà energetica, i vari operatori, a diversi livelli anche istituzionali, hanno la necessità di elaborare “facili” sistemi di controllo e pianificazione energetica del territorio al fine di far confluire, in esse, le risorse messe a disposizione per il rilancio sociale, culturale ed economico, nell'ottica della green economy.

All'interno del bilancio energetico, si è optato per dividere i fabbisogni e le emissioni per vari settori di utilizzo. Sarebbe “piacevole” ed utile avere una suddivisione a livello territoriale dei micro-centri di consumo energetico al fine di poter stabilire azioni assolutamente mirate, ma tale auspicio è fattibile solo attraverso una conoscenza storica del territorio.

I settori descrittivi del modello di bilancio proposto sono: il civile, l'industriale, l'agricolo, i trasporti ed i sistemi di produzione e fornitura energetica e pubbliche amministrazioni.

In una nazione, ad elevato grado di antropizzazione, qual è l'Italia, questa suddivisione permette di descrivere, in modo facilmente riproducibile, i vari territori al tempo stesso caratterizzarne le particolarità energetiche stesse.

Ugualmente sono state analizzate le scelte di sviluppo della produzione energetica o di efficientamento che i vari territori hanno attuato o che attueranno in futuro.

Questi studi e ricerche, hanno permesso di elaborare una prima bozza di un software che permette di redigere il bilancio energetico a partire dallo storico, ed elaborare facili scenari che coniughino non solo il risparmio, ma anche le emissioni climalteranti, al fine di permettere al territorio di valutare il grado di rispetto degli accordi internazionali e del burden Sharing.

Definizione di linee guida per la riqualificazione energetica e lo sviluppo del territorio

Dopo la valutazione dello stato di fatto del territorio (e dei campioni selezionati), è stato possibile identificare azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica dei vari utilizzi finali nei settori in cui è stato analizzato il territorio.

Sono stati individuati vari scenari di Energy retrofit, per ogni settore per il quale è stata condotta la simulazione nei due corsi di studio:

a) Settore civile

- Step 1 = diagnosi e certificazione energetica del parco immobiliare esistente su larga scala

L'analisi degli immobili esistenti, al fine di definirne i consumi complessivi, permette agli stessi occupanti di prendere coscienza, non solo delle prestazioni energetiche dell'immobile, ma anche degli eventuali sprechi o cattiva gestione dello stesso.

La presa di coscienza di tale azione permette di ridurre di circa il 10% il fabbisogno complessivo.

- Step 2 = miglioramento energetico dell'esistente attraverso azioni su involucro o impianti.

La sistemazione dell'impianto con il bilanciamento dello stesso, la sostituzione del generatore, oppure la coibentazione di vari parti dell'edificio, permetterebbe di ridurre anche del 50% i consumi energetici. Si segnala, tuttavia, la possibilità che i costi per tali azioni abbiano un tempo di ritorno elevato.

- Step 3 = installazione di sistemi energetici da fonte rinnovabile.

La possibilità di installare sistemi di produzione energetica (elettrica e termica), a servizio degli edifici, è plausibile grazie ai cospicui incentivi presenti.

- Step 4 = installazione di sistemi di cogenerazione

L'alternativa alla riqualificazione del sistema impiantistico o all'installazione di un sistema tradizionale, è l'installazione di una sistema cogenerativo a combustibile fossile (gas naturale) o anche a fonte rinnovabile (biomassa o bioliquido). Questa tecnologia, visti i costi ancora elevati, deve essere installata in contesti di medie dimensioni.

- Step 5 = realizzazione di nuovi edifici ad elevata efficienza energetica.

Questo aspetto riguarda un'ulteriore azione, rispetto ai minimi di legge imposti, che porta a costruire nuovi edifici, il cui fabbisogno

energetico è basso o quasi nullo, come previsto dalla nuova direttiva EPBD.

b) Settore industriale

- Step 1 = analisi energetica dei cicli produttivi

L'analisi delle lavorazioni e dei macchinari utilizzati, permette di visualizzare i principali centri di costo energetico ed eventuali sprechi/inefficienze. L'elevato costo dell'energia permette di garantire rapidi ed efficaci azioni al riguardo.

- Step 2 = installazione di sistemi per la produzione energetica da fonte rinnovabile.
- Step 3 = installazione di sistemi di cogenerazione.
- Step 4 = miglioramento delle prestazioni energetiche dello stabile.

La riduzione dei carichi termici o del fabbisogno estivo o invernale dell'edificio, permette di diminuire i consumi energetici legati alla climatizzazione.

c) Agricoltura

- Step 1 = utilizzo di macchinari a basso consumo energetico

Permetterebbe una forte riduzione di combustibili fossili in special modo di gasolio.

- Step 2 = installazione di energie rinnovabili da fonte solare
- Step 3 = installazione di sistemi di cogenerazione

Il settore agricolo ha un enorme potenziale di biomassa solida da valorizzare energeticamente. Molto importante è anche lo sviluppo di sistemi a biogas.

Step 4 = produzione di biometano di origine agricola

Il processo di “raffinazione” del biogas da liquame o da fermentazione, permette di creare gas naturale “rinnovabile” anche da immettere nella rete, purchè siano varate le opportune norme legislative.

d) Trasporti

- Step 1 = potenziamento dei trasporti pubblici locali.

L’efficientamento e il potenziamento della rete di trasporto pubblico locale, induce i cittadini a servirsi di tali mezzi a discapito della singola autovettura.

- Step 2 = potenziamento di percorsi e spazi per mobilità sostenibile

La creazione di percorsi protetti e diffusi sul territorio di piste ciclopedonali, sistemi di bike sharing, induce una riduzione di trasporti con mezzi ordinari.

- Step 3 = rottamazione o disincentivazione di vecchi veicoli inquinanti
- Step 4 = installazione di sistemi di produzione energetica da fonte fotovoltaica.
- Step 5 = potenziamento dell’utilizzo e commercializzazione dei biocarburanti.

e) Pubblica amministrazione

- Step 1 = diagnosi, certificazione e campagna informativa sul parco immobiliare esistente.
- Step 2 = installazione di sistemi di produzione energetica da fonte solare
- Step 3 = conversione della rete di pubblica illuminazione a led.
- Step 4 = installazione di sistemi di cogenerazione
- Step 5 = realizzazione di nuovi edifici a fabbisogno quasi nullo.

Elaborazione di un sistema di calcolo per la redazione di piani/programmi energetici

L'intera ricerca ha mirato alla redazione di un modello di calcolo informatizzato di tipo parametrico, per estendere a vari territori l'analisi compiuta nei due casi studio di Parma e dell'unione comuni dell'appennino modenese.

Questo strumento ha lo scopo di essere di ausilio e supporto alle scelte dei vari organismi pianificatori, al fine di orientare le scelte verso un'impronta ecologica ed energetica più sostenibile, ed attuare, con una prima analisi costi/benefici, gli interventi.

Per poter fornire ed utilizzare tale sistema di calcolo, è necessario svolgere un audit energetico e di sviluppo futuro del territorio oggetto di verifica, al fine di ottenere dati sufficienti alla valutazione dei fabbisogni storici e del quadro emissivo del luogo.

Lo studio ha inoltre validato la metodologia utilizzata e il sistema di calcolo anche in altri due piccoli ambiti di nuova realizzazione. È stato, infatti, testato per individuare le prime scelte energetiche e di sostenibilità di due piani urbanistici attuativi residenziali nel ravennate. Il calcolo è stato reso asportabile, a patto che il cluster urbano, oltre a rispondere a criteri di idoneità, disponga di tutti gli elementi per la valutazione.

Come succede per l'oggetto dell'analisi di Dottorato in Ricerca, ogni caso studio deve rispondere al fondamentale requisito di omogeneità del suo campione, ovvero i territori devono essere caratterizzati da analogie insediative, industriali, viabilistiche, ecc.

La metodologia utilizzata e il calcolo proposto, si concretizzano in relazione ai particolari casi studio. Il modello è solo lo strumento che risulta dalla caratterizzazione della metodologia di analisi, essa funziona come il motore di "rendering" energetico, applicabile dopo una programmazione personalizzata a qualsiasi caso isoneo.

Le aree produttive ecologicamente attrezzate

La pianificazione energetica ed urbanistica, non può non studiare i criteri localizzativi di insediamenti industriali o commerciali a ridotto impatto energetico.

Dopo il settore civile, quello industriale risulta fonte di un notevole consumo e di emissioni di gas climalteranti ed inquinanti.

La ricerca è partita ad analizzare lo stato dell'arte e alcuni esempi concreti oggi a disposizione in alcune Regioni. Molto più evolute sono le disposizioni normative che trattano dell'argomento, ma anche in questo caso non esiste una metodologia di pianificazione energetica complessiva che sappia mettere a sistema i dati industriali (consumo, addetti, dimensioni) con una visione complessiva dell'area insediata, dove risulterebbe "più facile" attuare scelte energetiche più ambiziose rispetto al singolo.

Al fine di definire la metodologia di calcolo e di lavoro, si sono analizzati e progettati due interventi a Reggio Emilia, uno di nuova installazione (Prato-Gavassa) ed uno di riqualificazione dell'esistente (Mancasale).

La prima fase ha preso in considerazione le diverse possibilità di approccio alla diagnosi delle aziende esistenti e alla pianificazione dei futuri consumi di aree produttive. L'elaborazione dei casi studio ha permesso di individuare aspetti ricorrenti che sono stati utilizzati per produrre l'analisi energetica dei luoghi.

L'analisi di aree industriali esistenti o di nuova costruzione, vanta alcune caratteristiche comuni, ma concettualmente va valutata separatamente.

Le aree industriali esistenti sono il larga parte frutto di insediamenti dagli anni sessanta fino agli anni novanta, periodo di boom edilizio ed industriale. Nonostante le crisi energetiche che hanno caratterizzato quegli anni, i consumi energetici risultano essere elevati specialmente negli edifici; mentre i processi produttivi, per ovvi interessi economici, nella loro complessità sono più efficienti.

L'analisi dei consumi esistenti, in funzione al tipo di lavorazione/attività, ha permesso di caratterizzare in prima battuta una sorta di fabbisogno specifico dell'intero processo produttivo.

Per nuovi insediamenti, l'analisi sopra riportata, è ancora utilizzata, in special modo quella legata al processo produttivo, in quanto la caratterizzazione degli edifici è differente dovendo, quest'ultimi, rispettare le normative recenti.

Un' altro aspetto della ricerca riguarda la figura del Soggetto Gestore dell'aria, cioè colui che deve monitorare i parametri energetici ed ambientali del comparto, in funzione del Pano ambientale ed energetico d'ambito.

La ricerca non ha riguardato direttamente le sue funzioni, quanto le azioni che lo stesso potrebbe compiere in attuazione del piano ambientale.

Nonostante non esista un modello di piano ambientale, anche se le norme cogenti ne prevedano in larga massima i contenuti, la ricerca condotta ha mirato a definire il metodo per la stima o il trattamento dei consumi, nonché le potenziali azioni di miglioramento energetico-ambientale che l'intera area potrebbe attuare al fine di ridurre l'impatto antropico verso l'esterno.

Definizione di linee guida per il miglioramento energetico ambientale delle aree ecologicamente attrezzate.

Dopo una valutazione delle caratteristiche o previsione delle aree ecologicamente attrezzate, è stato possibile individuare alcuni macro interventi di miglioramento energetico-ambientale.

La tabella che segue, definisce l'utilità degli interventi principali prodotti dalla ricerca:

AREE ESISTENTI		RILEVANZA E UTILITÀ - RISULTATO	
RISULTATO RICERCA	DESCRIZIONE METODO PROPOSTO	ENERGETICO	AMBIENTALE
Diagnosi energetica dell'azienda	Rilievo dei consumi mediante acquisizione ati o prove con strumentazione	Indagine per evidenziare consumi o sprechi e attuare azioni di	Analisi del quadro emissivo di CO ² di origine energetica

	tecnologica	miglioramento	
Diagnosi impronta ecologica dell'azienda	Rilievo delle dotazioni ambientali, consumi idrici, produzione rifiuti, mobilità, ecc.		Analisi delle dotazioni ecologiche e del quadro emissivo dovuto ai parametri ambientali
Diagnosi delle dotazioni energetiche ed ambientali dell'area	Rilievo delle dotazioni impiantistiche, valutazione dell'efficienza degli elementi che producono/consumano energia; valutazione delle dotazioni ambientali di mitigazione	Valutazione del fabbisogno parti "comuni" ed integrato con le diagnosi sulle aziende insediate, raggruppamento dei consumi ed usi energetici simili	Valutazione delle emissioni di gas nocivi e climalteranti prodotti dall'area ed individuazione delle principali /particolari zone a più elevato impatto ambientale
Installazione di sistemi di produzione da fonti rinnovabili e assimilate	Analisi delle potenzialità del sito, analisi costi/benefici per il dimensionamento ottimale delle risorse	L'installazione di risorse rinnovabili a servizio dell'area o dell'edificio, permette di ridurre il fabbisogno di energia primaria da fonte fossile	Riduzione del quadro emissivo di CO^2
Interventi di Energy retrofit sugli edifici	La riqualificazione dell'impianto di climatizzazione, nonché interventi sull'involucro	Miglioramento del rendimento energetico degli	Riduzione del quadro emissivo di CO^2

	edilizio, sono spesso necessari. Metodologia di calcolo secondo norme UNI TS 11300	immobili	
Realizzazione di reti di teleriscaldamento	Dall'analisi costi/benefici, è possibile valutare la realizzazione di una rete di teleriscaldamento a servizio di utenze e carichi termici costanti	Miglioramento dell'efficienza incrementata se la centrale è in assetto cogenerativo	Riduzione degli inquinanti ambientali e dei gas climalteranti derivanti da combustione per usi termici
Illuminazione pubblica a led con controllo punto punto	Per ridurre i consumi energetici e controllare ogni singola armatura anche per l'attenuazione notturna. Metodologia da norma UNI	Riduzione del fabbisogno di energia primaria da fonte elettrica. Ulteriore riduzione se alimentato da sistema fotovoltaico	Riduzione del quadro emissivo di CO^2 dell'area e dell'inquinamento luminoso notturno.
Creazione di bosco urbano	Analisi delle essenze arboree autoctone per il controllo microclimatico e della fissazione degli inquinanti	Riduzione del calore ambientale e miglioramento del microclima	Riduzione delle emissioni di GHG e degli inquinanti

NUOVE AREE

Progettazione edifici a basso consumo energetico	Metodologia di progetto standardizzato da UNI TS 11300 per riduzione	Riduzione del fabbisogno energetico per climatizzazione e	Riduzione delle emissioni di GHG
--	--	---	----------------------------------

	fabbisogno degli immobili industriali	acqua sanitaria	
Installazione di sistemi di produzione da fonti rinnovabili	Analisi delle potenzialità del sito, analisi costi/benefici per il dimensionamento ottimale delle risorse	L'installazione di risorse rinnovabili a servizio dell'area o dell'edificio, permette di ridurre il fabbisogno di energia primaria da fonte fossile	Riduzione del quadro emissivo di CO^2
Realizzazione di reti di teleriscaldamento	Dall'analisi costi/benefici, è possibile valutare la realizzazione di una rete di teleriscaldamento a servizio di utenze e carichi termici costanti	Miglioramento dell'efficienza incrementata se la centrale è in assetto cogenerativo	Riduzione degli inquinamenti ambientali e dei gas climalteranti derivanti da combustione per usi termici
Illuminazione pubblica a led con controllo punto punto	Per ridurre i consumi energetici e controllare ogni singola armatura anche per l'attenuazione notturna. Metodologia da norma UNI	Riduzione del fabbisogno di energia primaria da fonte elettrica. Ulteriore riduzione se alimentato da sistema fotovoltaico	Riduzione del quadro emissivo di CO^2 dell'area e dell'inquinamento luminoso notturno.

Dopo aver valutato lo scenario normativo europeo, nazionale e regionale, è stato condotto uno studio con l'obiettivo di definire nuovi modelli prestazionali degli edifici, in attuazione alla direttiva 2010/31/UE ed in particolare definendo la tipologia energetica di "casa passiva mediterranea"

Il metodo della ricerca ha previsto non solo un lungo studio per definire la tipologia della "casa a consumo quasi zero", ma anche azioni e criteri per la conversione del parco edilizio esistente verso tale obiettivo.

Per la metodologia di calcolo, è stata "scelta" quella proposta/imposta dalla norma UNI TS 11300, ma durante la ricerca è stata fatta un'analisi critica della stessa al fine di evidenziare imprecisioni o possibili miglioramenti, poiché le stesse norme sono attualmente in fase di revisione.

Conseguentemente a ciò, la valutazione energetica degli edifici, si è orientata verso l'analisi dei parametri presi in considerazione, sia della direttiva 2010/31/UE, che dalle normative vigenti (anche se la direttiva non è stata ancora recepita), ovvero l' EP_{gl} , definito come la somma tra fabbisogno per la climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria.

L'identificazione di un possibile modello energetico-prestazionale della casa passiva mediterranea, ha imposto l'utilizzo necessario di sistemi e tecnologie che permettano all'edificio di rispondere ai requisiti:

tali aspetti sono così riassumibili:

ASPETTO ENERGETICO	INCIDENZA SULLA VALUTAZIONE	CRITICITÀ
Sistemi solari passivi (serre e muri di trombe, cool roof)	Permettono di ridurre il fabbisogno di energia di involucro aumentando gli apporti gratuiti o riducendo il battente termico	Necessario un progetto molto dettagliato per evitare condizioni di discomfort
Sistemi di ventilazione ibridi	Permette il controllo dei ricambi d'aria e quindi le perdite di ventilazione, garantendo al contempo condizioni	Elevati costi di impianto. Eventuali difficoltà in edifici plurifamiliari per

	raffrescamento naturale nelle diverse stagioni	problemi dimensionali
Utilizzo di sistemi impiantistici evoluti (pompe di calore, cogeneratori)	efficientamento massimo dell'impianto, con necessità di funzionamento nei 365 giorni	Elevati costi di impianto e necessità di manodopera specializzata
Building Automation (BACS)	Controllo automatizzato e puntuale dei vari aspetti energetici in funzione delle sollecitazioni interne ed esterne	Elevati costi di installazione e difficoltà di gestione da parte di una utenza media

La ricerca ha poi portato ad elaborare alcune linee guida in campo architettonico ed energetico, per la progettazione di tali edifici ed anche la redazione del manuale d'uso per l'utente finale, utile per evitare di "annullare" gli sforzi progettuali e costruttivi dell'abitazione.

PIANO DI EFFICIENZA DEGLI IMMOBILI

Una volta valutato attentamente lo scenario normativo nazionale, alla luce della recente approvazione della COM 370/2011 da parte del Parlamento Europeo, che impone agli Enti Pubblici di riqualificare almeno il 3% del patrimonio ogni anno, è stato condotto uno studio con l'obiettivo di giungere alla valutazione ed elaborazione di piani di azione per l'efficienza energetica di realtà comunali. Ciò è stato possibile a seguito della predisposizione di una metodologia di analisi e diagnosi bottom-up che dall'analisi di due casi studio (Albinea e Parma), ha permesso di elaborare un metodo di calcolo e una bozza di linee guida per la redazione di questi strumenti di efficientamento energetico.

Il metodo della ricerca, ha previsto una lunga e difficoltosa campagna di rilievo dei patrimoni edilizi ed impiantistici dei Comuni oggetto di studio. Di queste opere o immobili, è stata compiuta un'opportuna classificazione dei fabbisogni reali energetici, per poterne identificare le criticità tecnologiche/energetiche e poter pianificare gli interventi di Energy retrofit, con l'obiettivo di incrementare le

prestazioni, ridurre le emissioni di gas climalteranti e fungere da esempio e volano per l'efficienza delle comunità locali.

La seconda parte della ricerca, oltre che elaborare un piano di efficientamento del parco opere ed immobili che consumano energia, realizzato tramite un'attenta analisi dei costi/benefici e dei tempi di ritorno degli investimenti, ha elaborato un modello di valutazione di tale piano per essere riproducibile anche in altre realtà e territori.

EFFICIENZA OSPEDALI

A fronte della richiesta di supporto tecnico per la valutazione energetica della costruzione del polo di ricerca Onco-ematologico di Reggio Emilia, la ricerca aveva come obiettivo quello di stimare i più probabili consumi energetici di edifici ospedalieri complessi.

Analizzata la normativa nazionale e locale (norme di accreditamento regionali e comunali), sull'edilizia sanitaria e sulle dotazioni impiantistiche, è subito emersa la difficoltà di elaborare una metodologia per la valutazione e la comparazione energetica di questi edifici.

Tale comparazione risulta tanto più difficoltosa quanto i dati di input rappresentano i consumi reali storici; gli edifici hanno diversi gradi di vetustà e quindi di dotazioni di involucro o impianti; la presenza di alcuni reparti rispetto ad altri modifica profondamente sia la risposta energetica degli edifici che i consumi stessi ed infine la caratteristica di rapida evoluzione degli spazi interni, impianti e reparti rendono i dati annuali differenti, talvolta all'interno dello stesso anno.

A tal punto si è tentato di valutare le prestazioni di parti di edificio che difficilmente saranno oggetto di variazione: comparti operatori, sala raggi, medicina...

Con metodologia normata, conosciuta e riproducibile (uni 11300) è stato possibile analizzare energeticamente l'involucro e gli impianti e quindi redigere azioni mirate di Energy retrofit al fine di diminuire l'impronta ecologica degli stessi.

SVILUPPI FUTURI DELLA RICERCA

La ricerca sintetizzata nella tesi di Dottorato, apre a nuovi scenari di indagine di progettazione che, nonostante il periodo di forte crisi energetica ed economica, si auspica possano essere efficacemente portati avanti

VALUTAZIONE DELL'ESTENSIONE DELLA PIANIFICAZIONE ENERGETICA A VARI TERRITORI

La possibilità dell'Italia di rispettare gli accordi internazionali sulla lotta ai cambiamenti climatici, nonché la riduzione della bilancia energetica da fonti fossili, passa attraverso una pianificazione energetica centrale (nuovo piano Energetico Nazionale), ma anche attraverso piani locali che permettano una migliore descrizione della realtà energetica emissiva. Questo significherebbe che ogni Comune o unione di Comuni, si doti di piani energetici e piani di azione per le energie rinnovabili.

E' già in atto, presso la facoltà di Architettura di Ferrara, un progetto per la richiesta di finanziamenti europei con il bando CIP-EIE azione multidisciplinare per redigere piani energetici di vari comuni a costo zero.

DALL'EDILIZIA A BASSO CONSUMO ALLA CASA PASIVA

Visto che l'edilizia è uno dei settori a più elevato impatto energetico, la tendenza a riqualificare edifici esistenti o costruire nuovi a consumo quasi nullo, sarà un aspetto molto importante nei prossimi anni.

Alcuni sistemi di certificazione energetica ed ambientale già oggi si propongono di avviare azioni di ricerca o valutazione di edifici a basso impatto ambientale.

I grandi gruppi Bancari o Assicurativi, oggi finanziano interventi immobiliari solo se viene garantita la sostenibilità energetica ed ambientale, pertanto il tema sarà sicuramente affrontato nell'immediato futuro.

Con il sistema Ecoabita si è proposto al Ministero dell'Ambiente e Sviluppo Economico, di avviare una ricerca specialistica verso la definizione di criteri per la casa passiva mediterranea.

AREE PRODUTTIVE ECOLOGICAMENTE ATTREZZATE

Gli sforzi economici che la Comunità Europea e lo stato stanno compiendo per rilanciare l'economia e il settore industriale, vedono la creazione del binomio industria-efficienza energetica ed ambientale. I vari sistemi di finanziamento oggi mirano a creare luoghi attrezzati dal punto di vista energetico ed ambientale capaci di creare un "gruppo" che affronta le sfide energetiche del futuro in chiave di sostenibilità.

BIBLIOGRAFIA

Capitolo 1

- [1.1] Organizzazione Nazioni Unite: le sfide del millennio, risorsa online www.onu.org
- [1.2] Istat – Censimento del parco immobiliare esistente anno 2001, risorse online www.istat.it
- [1.3] Ministro dello Sviluppo Economico, Piano energetico Nazionale 1977, risorse online. www.sviluppoeconomico.gov.it
- [1.4] World Bank – Energy consumption – risorsa online www.aie.com
- [1.5] Ente nazionale di Unificazione – Norme UNI risorsa online e di Ateneo . www.uni.com
- [1.6] Regione Emilia Romagna, Assessorato alle Attività Produttive, Sviluppo Economico, Piano Telematico. Servizio Politiche Energetiche. Piano Energetico Regionale 2007
- [1.7] Comune di Reggio Emilia, Assessorato risorse del Territorio; Piano Energetico Comunale 2008
- [1.8] Comune di Parma , Assessorato Ambiente e Territorio; Libro Bianco di Parma 2010

Capitolo 2

- [2.1] Ministero dell'ambiente, tutela del territorio e del mare; Il protocollo di Kyoto , risorsa online
- [2.2] Ministero dell'ambiente, tutela del territorio e del mare; Gli accordi di Durhban, risorsa online
- [2.3] G. Chiesa, “Gestione delle risorse energetiche del territorio” ed Masson 1997
- [2.4] G. Finzi, G. Brusasca “ La qualità dell'aria – Modelli previsionali e gestionali” Ed. Masson 1991

Capitolo 3

- [3.1] Regione Emilia Romagna, Assessorato alle Attività Produttive, Sviluppo Economico, Piano Telematico. Servizio Politiche Energetiche. Piano Energetico Regionale 2007
- [3.2] Regione Emilia Romagna, Servizio Politiche Energetiche. Piano Energetico Regionale, 2004.
- [3.3] Issi. Studio propedeutico al Piano energetico Comunale di Parma. Marzo 2003.
- [3.4] Ambiente Italia. Rapporto sull'inquadramento ambientale ed energetico della nuova centrale turbogas del Comune di Parma. Gennaio 2004.
- [3.5] Enìa. Prospettive del teleriscaldamento a Parma (2007-2010). Marzo 2006.
- [3.6] Enìa. Comunicazioni Personali del 15 maggio 2010e 30 agosto 2010.
- [3.7] Comune di Parma. Conto Consuntivo Ambientale 2003-2004.
- [3.8] Comune di Parma. Bilancio Ambientale di Previsione. 2005.
- [3.9] Comune di Parma. Conto Consuntivo Ambientale 2005.
- [3.10] Comune di Parma. Bilancio Ambientale di Previsione. 2006.
- [3.11] Comune di Parma. Conto Consuntivo Ambientale 2006.
- [3.12] Comune di Parma. Bilancio Ambientale di Previsione. 2007.
- [3.13] Enìa. Teleraffrescamento.
- [3.14] Direttiva 2004-156-CE 1 gennaio 2005-31 dicembre 2005. Allegato A. Coefficienti utilizzati per l'inventario delle emissioni di CO₂ nell'inventario nazionale UNFCCC (media dei valori degli anni 2000-2003). 2004.
- [3.15] APAT, Centro Telematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni. Risorsa On-line.

<http://www.inventaria.sinanet.apat.it/macrosettori.php> .

- [3.16] Dentice d'Accadia M., Sasso M., Sibilio S., Vanoli R.. Applicazioni di Energetica. Liguori Editore. Napoli 1999.
- [3.17] AEEG Delibera n. 296/05. Aggiornamento dei parametri di riferimento per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell'articolo 3, comma 3.1, della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 19 marzo 2002, n. 42/02. Gazzetta Ufficiale n. 26 del 1° febbraio 2006.
- [3.18] Riccardo Battisti: Evaluation of national climate change policies in EU member states - Country report on Italy, Ecofys, luglio 2001.
- [3.19] Comune di Parma. Analisi dello stato degli edifici e delle abitazioni nel Comune di Parma – potenziale derivante dalla vendita delle quote di CO₂ - primi elementi di valutazione. 200X.
- [3.20] Consorzio Renergy (Assindustria). Comunicazioni Personali del 24 gennaio 2010 e del 7 settembre 2010.
- [3.21] Consorzio API (Interenergia). Comunicazioni Personali del 11 e 12 settembre 2010.
- [3.22] ARPA Comunicazione Personale del 16 gennaio 2010.
- [3.23] Regione Emilia Romagna, Attuazione della Direttiva 91/676/CEE sulla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonte agricola 2002
- [3.24] ARPA Parma: Preliminare di Programma Anno 2006
- [3.25] ARPA Parma: Preliminare di Programma Anno 2007
- [3.26] AUSL Parma - Programma Attività Territoriali 2008
- [3.27] Comune di Modena – Piano Energetico Comunale 2007,
- [3.29] ACI - Automobil Club d'Italia" : parco veicolare al 31.12.2005. Risorsa on-line.

[3.30] ANPA. Salvatore Saija, Mario Contaldi, Riccardo De Lauretis, Michele Ilacqua, Riccardo Liburdi Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale. I fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia. Luglio 2000. Risorsa on-line

<http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ept/Report/Rap2000.pdf>

[3.31] Quattroruote. Emissioni in atmosfera da trasporto stradale per veicoli euro 4. Risorsa on-line

www.quattroruote.it

[3.32] European Commission. 4th Annual Report on CO2 Emissions from New Cars. IP/04/195. Bruxelles, 12 February 2004

[3.33] Commissione delle Comunità Europee. Progetto di Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo - Risultati del riesame della strategia comunitaria per ridurre le emissioni di CO2 delle autovetture e dei veicoli commerciali leggeri {SEC(2007) 60} {SEC(2007) 61}. Risorsa on-line

http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/com/2007/com2007_0019it01.pdf

[3.34] Commissione delle Comunità Europee. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo – Attuare la strategia comunitaria per ridurre le emissioni di CO2 delle autovetture. Prima relazione annuale sull'efficacia della strategia. Bruxelles 4 ottobre 2000.

[3.35] Commissione delle Comunità Europee. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo – Attuare la strategia comunitaria per ridurre le emissioni di CO2 delle autovetture. Seconda relazione annuale sull'efficacia della strategia (Anno 2000) {SEC(2001) 1722}. Bruxelles 8 novembre 2001.

[3.36] Commissione delle Comunità Europee. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo – Attuare la strategia comunitaria per ridurre le emissioni di CO2 delle autovetture. Terza relazione annuale sull'efficacia della strategia (Anno 2001) {SEC(2002) 1338}. Bruxelles 9 dicembre 2002.

[3.37] Commissione delle Comunità Europee. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo – Attuazione della strategia comunitaria per ridurre le emissioni di CO2 delle autovetture. Quarta relazione annuale

sull'efficacia della strategia (Anno 2002) {SEC(2004) 140}. Bruxelles 11 febbraio 2004.

[3.38] Commissione delle Comunità Europee. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo – Attuazione della strategia comunitaria per ridurre le emissioni di CO₂ delle autovetture. Quinta relazione annuale sull'efficacia della strategia {SEC(2005) 826}. Bruxelles 22 giugno 2005.

[3.39] Comune di Parma. Servizio Politiche per la Mobilità. Scheda di Avanzamento progetto Bici-Bus. 2009

[3.40] Comune di Parma. Servizio Politiche per la Mobilità. Scheda di Avanzamento progetto Incentivi regionali per la trasformazione a gas di veicoli alimentati a benzina. 2008

[3.41] Società Autostrade. Comunicazione della Società Autostrade al Comune di Parma, 28 febbraio 2010.

[3.45] ANPA. inventario CORINAIR.

[3.46] Enia. Lettera del Direttore Operativo all'Assessorato Ambiente e Città Sostenibile del Comune di Parma. 26 settembre 2010.

Capitolo 4

[4.1] Regione Abruzzo, Assessorato Pianificazione territoriale, risorsa online

[4.2] Regione Basilicata, Assessorato Ambiente e industria, Risorsa online

[4.3] Regione Calabria, Assessorato Industria, Risorsa online

[4.4] Regione Campania, Assessorato Ambiente e sviluppo del territorio, Risorsa online

[4.5] Regione Emilia Romagna, Assessorato Politiche energetiche ed attività produttive, Risorsa online

[4.6] Regione Lazio, Assessorato Territorio, Risorsa online

[4.7] Regione Liguria, Assessorato sviluppo del territorio, Risorsa online

[4.8] Regione Lombardia, Assessorato Pianificazione territoriale, Risorsa online

- [4.9] Regione Marche, Assessorato Industria, Risorsa online
- [4.10] Regione Molise, Assessorato Sviluppo industriale, Risorsa online
- [4.11] Regione Piemonte, Assessorato Attività Produttive, Risorsa online
- [4.12] Regione Puglia, Assessorato Industria, Risorsa online
- [4.13] Regione Toscana, Assessorato ambiente e territorio, Risorsa online
- [4.14] Regione Friuli Venezia-Giulia, Assessorato Sviluppo Economico, Risorsa online
- [4.15] Regione Veneto, Assessorato governo del territorio, Risorsa online
- [4.16] Regione Sicilia, Assessorato Pianificazione del territorio e industria; risorsa online
- [4.17] Regione Sardegna, Assessorato Industria, Risorsa online
- [4.18] Comunità Europea, Dipartimento energia e competitività industriale, risorsa online
- [4.20] G. Chiesa, “Gestione delle risorse energetiche del territorio” ed Masson 1997
- [4.21] Comune di Reggio Emilia; Assessorato Risorse del territorio; le APEA di Mancasale e Prato Gavassa
- [4.22] Regione Emilia Romagna, Bando per il finanziamento regionale per le APEA asse POR FESR 2007-2013

Capitolo 5

- [5.1] Comunità Europea, La direttiva 2010/31/UE, risorsa online
- [5.2] Ente italiano di normazione , la norma UNI TS 11300-1
- [5.3] Ente italiano di normazione , la norma UNI TS 11300-2
- [5.4] Ente italiano di normazione , la norma UNI 10339

[5.5] Ente italiano di normazione , la norma UNI 10351

[5.6] Ente italiano di normazione , la norma UNI 10456

[5.7] Ente italiano di normazione , la norma UNI TS 11300-4 in inchiesta pubblica , risorsa online

[5.2] Ente italiano di normazione , la norma UNI 16001

Capitolo 6

[6.1] Ministreo dello Sviluppo Economico, Piano nazionale per l'efficienza energetica; risorse online

[6.2] Ministreo dello Sviluppo Economico, Piano d'azione Nazionale per le energie rinnovabili, risorsa online

[6.3] Comunità Europea; Comunicazione della Commissione al Parlamneto COM 370/2011, risorsa online

[6.4] Comune di Albinea, Assessorato Lavori Pubblici, bozza di piano triennale delle opere pubbliche

[6.5] Comune di Albinea, Assessorato Servizi Finanziari, Rendiconto mediante bolletta di tutti i consumi avvenuti nei vari anni

[6.6] Regione Emilia-Romagna, Fattori di conversione dell'energia primaria e delle emissioni, risorsa online www.ermesenergia.it

[6.7] Comune di Parma, Servizio Ambiente, Comunicazione dei consumi medi del parco immobiliare gestito

[6.8] Comune di Parma, Servizio Lavori Pubblici e verde, Comunicazione dei consumi medi per illuminazione pubblica e veicoli

[6.9] ENIA Parma, Comunicazione in merito alle armature di pubblica illuminazione gestite per conto del comune di Parma

Capitolo 7

- [7.1] ENEA, Osservatorio dell'edilizia ospedaliera, Rapporto del 2010
- [7.2] Regione Emilia-Rmagna, Assessorato sanità, Rapporto dei consumi degli ospedali regionali anno 2009
- [7.3] Arcispedale Santa Maria Nuova di Reggio Emilia; Progetto per la realizzazione del nuovo polo di ricerca Onco Ematologico a Reggio Emilia

APPENDICE

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA CONVERSIONE IN ENERGIA PRIMARIA DEI FABBISOGNI DA FONTI RINNOVABILI ED ASSIMILATE

Alex Lambruschi^a, Giacomo Bizzarri^a, Alberto Muscio^{b#}, Paolo Tartarini^b

^aDipartimento di Architettura, Università di Ferrara

Via Quartieri, n. 8 – 44121 Ferrara – Italy, Website: www.unife.it/dipartimento/architettura

^bDIMeC – Dip. di Ingegneria Meccanica e Civile, Università di Modena e Reggio Emilia

Via Vignolese, n. 905 – 41125 Modena – Italy, website: www.dimec.unimore.it

[#]Corresponding author: alberto.muscio@unimore.it, tel. +39-059-2056194, fax + 39-059-2056126

SOMMARIO

La determinazione dei fabbisogni energetici convenzionali degli edifici e l'attribuzione agli stessi di una classe di prestazione energetica discendono dal calcolo del fabbisogno di energia soddisfatto dalle diverse fonti energetiche utilizzate, attualmente da valutare in termini di energia primaria attraverso coefficienti di conversione specifici per ogni fonte.

A livello nazionale sono già stati prescritti specifici fattori di conversione per i combustibili fossili e per l'energia elettrica, ma non per fonti rinnovabili o assimilate quali le biomasse combustibili o per il calore ottenuto da processi cogenerativi o reflui termici.

In questo lavoro si tenta di tracciare il quadro della normativa nazionale inerente la valutazione dell'energia primaria ottenuta da fonti rinnovabili, nonché di quella consumata dai sistemi cogenerativi, considerando anche alcuni orientamenti a livello internazionale e regionale e sviluppando una analisi critica ispirata dai dettati fondamentali della Direttiva 2002/91/CE, con l'intento di formulare alcune semplici proposte di valutazione convenzionale, supportate da specifiche argomentazioni di natura tecnico-scientifica e normativa.

INTRODUZIONE

La certificazione energetica degli edifici è stata resa esecutiva in Italia dal recente D.M. 26/06/2009 [1], promulgato in attuazione della Direttiva europea 2002/91/CE [2] (anche nota come EPBD – Energy Performance of Buildings Directive) e del conseguente recepimento nazionale del D.Lgs. 192/2005 con le sue varie modificazioni e integrazioni [3-5]. Il decreto ministeriale è stato anticipato da analoghe disposizioni legislative di svariate regioni italiane, con le quali si è precorsa localmente l'esecutività della certificazione energetica di ispirazione comunitaria. La certificazione energetica era peraltro prevista già dall'art. 30 della Legge 10/1991 [6].

Nella più recente proposta di revisione della Direttiva 2002/91/CE [7] si indica che “È importante che venga effettuata una stima dell'impatto effettivo del funzionamento di un edificio sul consumo totale di energia e sull'ambiente; a tal fine si farà ricorso a un indicatore del consumo di energia primaria e a un indicatore delle emissioni di CO₂”. La versione corrente della Direttiva segnala invece (art. 3) che il rendimento energetico degli edifici “può” indicare il valore delle emissioni di CO₂ ed è quindi focalizzata sui fabbisogni energetici, da calcolare secondo una metodologia definita a livello nazionale e regionale.

La norma UNI EN 15603 [8], parte di una serie di norme tecniche europee di supporto alla Direttiva 2002/91/CE, propone, a fini dell'aggregazione dei fabbisogni soddisfatti da diverse fonti energetiche e del conseguente ottenimento di un indicatore unitario del rendimento degli edifici, tre criteri alternativi:

- primary energy rating;
- CO₂ emissions rating;
- policy energy ratings.

Il primo criterio prevede che l'indicatore sia valutato in termini di somma pesata dei consumi dei diversi vettori energetici (al netto di eventuali esportazioni di energia auto-prodotta), moltiplicando cioè ogni termine della somma per uno specifico fattore di conversione in energia primaria, da definire a livello nazionale, che tenga conto di tutte le perdite associate alla catena di approvvigionamento esterna al sistema edificio-impianti (estrazione, trasformazione, trasporto, immagazzinamento, ecc.) e permetta così di calcolare il fabbisogno soddisfatto a monte della catena stessa, attingendo alle fonti energetiche primarie come direttamente reperibili in natura. Il secondo criterio prevede invece di aggregare i singoli termini del bilancio di fabbisogni e esportazioni di energia moltiplicandoli per coefficienti moltiplicativi che esprimano l'emissione di CO₂ associata alla quantità unitaria di ogni singola fonte o vettore energetico consumato. Il recente D.M. 26/06/2009 [1] prevede al riguardo che nel certificato di prestazione energetica di un edificio sia indicato il livello di emissioni di CO₂ prodotte annualmente, tuttavia ciò non incide sulla classificazione energetica. Il terzo criterio, definibile a livello nazionale, è ancora basato sulla somma pesata dei diversi fabbisogni energetici e può essere utilizzato per favorire o penalizzare determinate categorie di combustibili, associando ad essi pesi opportunamente stabiliti in un'ottica di pubblica convenienza. In effetti, ove si definiscano in modo arbitrario i fattori di conversione in energia primaria di cui al primo criterio, questo sembra in buona misura assimilabile al terzo.

In Italia, la classe di prestazione energetica è attribuita agli edifici in base ai fabbisogni convenzionali di energia primaria, valutati secondo le parti -1 e -2 della norma tecnica UNI/TS 11300 [9-10]. Queste dettano le procedure attraverso cui calcolare, in condizioni atmosferiche e di utilizzo standard, i fabbisogni di energia termica per riscaldamento e produzione

di acqua calda sanitaria e quindi, sulla base di questi e delle dotazioni impiantistiche, l'energia primaria da ottenere dalle diverse fonti energetiche utilizzate, valutata per i combustibili in termini di potere calorifico inferiore. Ai fini della conversione di tale energia in energia primaria, direttamente reperibile in natura a monte di ogni successiva trasformazione, per tutti i combustibili fossili è infine prescritto un fattore di conversione unitario, mentre per l'energia elettrica la determinazione ed il progressivo aggiornamento del relativo fattore di conversione sono demandati all'AEEG – Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

Non sono al momento direttamente e univocamente specificati, a livello nazionale, i fattori di conversione relativi a fonti rinnovabili quali le biomasse combustibili. Inoltre, in tema di sistemi micro-cogenerativi, sembrano meritare qualche approfondimento i criteri di contabilizzazione delle esportazioni nette di energia elettrica e dei risparmi di energia primaria effettivamente ottenuti. Rimangono infine aperte alcune questioni, qui non affrontate, circa la perfetta assimilazione che è al momento disposta tra i diversi combustibili fossili, a prescindere dalle relative catene di approvvigionamento e trasformazione, nonché circa il fatto che la valutazione del fabbisogno di energia primaria dei diversi sistemi per generazione termica, generazione elettrica e cogenerazione tenga conto solo degli oneri di esercizio e non anche di quelli di impianto e di smaltimento.

Nel seguito dell'articolo si tenta di tracciare il quadro della normativa nazionale inerente la valutazione dell'energia primaria, focalizzandosi sui criteri di valutazione dell'energia ottenuta da fonti rinnovabili a biomassa, nonché di quella consumata dai sistemi cogenerativi, al fine di sviluppare una analisi critica ispirata dai dettati fondamentali della Direttiva 2002/91/CE. Nella consapevolezza di non essere in grado di fornire alle numerose questioni aperte una risposta univoca e definitiva, che verosimilmente potrà derivare solo da una sintesi di istanze spesso contrastanti di natura sociale, economica e politica, l'intento che si persegue è quello di formulare alcune semplici proposte di valutazione convenzionale, supportate da specifiche argomentazioni di natura tecnico-scientifica e normativa.

VALUTAZIONE DEI FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA

È ben noto che gli edifici vengono classificati in base al loro indice di prestazione energetica EP, che nell'Allegato A del D.Lgs. 192/2005, così come integrato dal D.Lgs. 311/2006 [4], è definito come “il consumo di energia primaria riferito all'unità di superficie utile o di volume lordo, espresso rispettivamente in kWh/m² anno o kWh/m³ anno” ed è quindi dato dal rapporto:

$$EP = \frac{Q_p}{S_{\text{utile}}} \quad \text{oppure} \quad EP = \frac{Q_p}{V_{\text{lordo}}} \quad (1)$$

Il consumo di energia primaria Q_p , in cui al momento vanno inclusi soltanto i fabbisogni collegati al riscaldamento invernale e alla produzione di acqua calda sanitaria (ACS), si può calcolare secondo la norma tecnica UNI/TS 11300-2 [10], in particolare tramite la relazione

$$Q_p \equiv Q_{p,H,W} = \sum Q_{H,c,i} \times f_{p,i} + \sum Q_{W,c,j} \times f_{p,j} + (Q_{H,aux} + Q_{W,aux} + Q_{INT,aux} - Q_{el,exp}) \times f_{p,el} \quad (2)$$

ove

$Q_{H,W}$ è il fabbisogno di energia primaria per riscaldamento e produzione di ACS,

$Q_{H,c,i}$ è il fabbisogno di energia per riscaldamento ottenuto da ciascun vettore energetico i-esimo (combustibili, energia elettrica, ecc.), dato dalla quantità utilizzata per il potere calorifico inferiore nel caso di combustibili, dalla quantità utilizzata nel caso di energia elettrica,

$Q_{W,c,j}$ è il fabbisogno di energia per produzione di ACS ottenuto da ciascun vettore energetico j-esimo (combustibili, energia elettrica, ecc.), valutato come per il riscaldamento,

$f_{p,i}$ e $f_{p,j}$ sono il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico i-esimo e di quello j-esimo, rispettivamente, $Q_{H,aux}$ e $Q_{W,aux}$ sono i fabbisogni di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di riscaldamento e degli impianti di produzione ACS, rispettivamente,

$Q_{INT,aux}$ è il fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di eventuali sistemi che utilizzano energie rinnovabili e di cogenerazione,

$Q_{el,exp}$ è l'energia elettrica esportata dal sistema (da solare fotovoltaico, cogenerazione, ecc.),

$f_{p,el}$ è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica.

I fattori di conversione in Eq. (2) permettono di considerare i costi energetici accessori correlati all'utilizzo di ciascuna fonte energetica utilizzata, ad esempio quelli di trasformazione, immagazzinamento e trasporto all'utenza finale. In linea di principio, si possono considerare “fissi” i valori dei fattori di conversione solamente per alcune soluzioni impiantistiche che vadano ad attingere a fonti di energia primaria liberamente e gratuitamente accessibili, ad esempio gli impianti solari termici, fotovoltaici e microeolici a servizio diretto dell'utenza – e tuttavia, ove impianti degli ultimi due tipi siano inseriti in una rete elettrica che funge da batteria tampone, i costi energetici di immagazzinamento nella rete andrebbero tenuti in considerazione. I fabbisogni collegati agli ausiliari (pompe, dispositivi di controllo, ecc.) di impianti di ogni tipo sono invece esplicitamente contemplati in Eq. (2).

Impianti che attingano a fonti energetiche diverse da quelle sopra citate non comportano quasi mai un fattore di conversione veramente fisso, essendo il trasporto e l'immagazzinamento dell'energia molto influenzati dalle collocazioni del punto di prelievo iniziale e dell'utenza finale. Di conseguenza, a fonti energetiche rinnovabili quali le biomasse in generale e quelle legnose per combustione in particolare va associato un fattore di conversione che tenga conto anche della quota di energia primaria (generalmente fossile) consumata per le attività di raccolta, trasporto e preparazione all'utilizzo.

Come già precedentemente segnalato, la norma UNI/TS 11300-2 stabilisce che per i combustibili fossili si assumono unitari i fattori di conversione. Per quel che concerne il fattore di conversione dell'energia elettrica, il valore più recentemente deliberato dall'AEEG, pari a 0.187×10^{-3} tep/kWh_{el} (tonnellate equivalenti di petrolio per kilowattora di energia elettrica) [11], va convertito in kWh_p/kWh_{el} (kilowattora di energia primaria per kilowattora di energia elettrica) moltiplicandolo per un coefficiente 11.86×10^3 [10]; si ottiene così un fattore di conversione $f_{p,el}$ pari a 2.217, equiparato quindi all'inverso del rendimento medio del parco termoelettrico nazionale nel 2007, pari al 45%. I costi di trasporto e immagazzinamento dei combustibili fossili, tanto nel loro impiego diretto presso le utenze, quanto nell'utilizzo in centrale termoelettrica, non sembra vengano tenuti in conto dal legislatore. È questo un approccio tutto italiano, verosimilmente ispirato dalla semplicità di calcolo e

supportato dal fatto che l'Italia è una nazione quasi completamente dipendente da combustibili fossili [12], ma che non permette di tenere in considerazione le diversità delle filiere dei vari combustibili fossili (ad esempio il gas naturale rispetto al GPL di risulta o al gasolio da raffinazione, oppure il carbone rispetto agli olii combustibili) e, soprattutto, rischia di rendere difficoltose le valutazioni relative all'utilizzo di fonti rinnovabili e assimilate. È in tal senso sintomatico che la UNI/TS 11300-2 rimandi, in merito ai fattori di conversione per impianti solari, a biomasse e di teleriscaldamento, ad una parte della norma tecnica ancora in fase di elaborazione, la UNI/TS 11300-4, che però i bene informati danno in alto mare. D'altra parte, impianti come quelli appena citati sono già largamente diffusi sul territorio nazionale e progettisti e certificatori si ritrovano frequentemente a doverne calcolare le prestazioni.

In tutta la legislazione europea e nazionale vigente si tiene essenzialmente conto degli oneri energetici di esercizio e non anche di quelli di fabbricazione, impianto e smaltimento dei diversi materiali e componenti che si vanno a mettere in opera per assicurare o migliorare il livello di rendimento energetico degli edifici. Tuttavia, le due diverse categorie di oneri assumono entità comparabili per edifici di nuova costruzione o integrale ristrutturazione, al punto che con taluni interventi migliorativi è più l'energia che si va ad intrappolare nell'edificio che quella che si risparmierà nell'arco della sua vita utile. Ad un'analisi "dalla culla alla tomba", che tenga quindi debita considerazione di tali problematiche, si sta orientando il processo di revisione in atto della normativa comunitaria, ma il quadro legislativo e quello delle norme tecniche di applicazione sono in massima parte da scrivere, perciò non vengono affrontati in questa sede.

ENERGIA PRIMARIA E IMPIANTI TERMICI A BIOMASSE

I criteri di calcolo inerenti l'utilizzo energetico delle biomasse sono stati recentemente oggetto di disposizioni normative discordanti. Il D.Lgs. 192/2005, sia nella versione originaria [3] che dopo la riscrittura attuata dal D.Lgs. 311/2006 [4], sembra tenere in considerazione, in tema di fonti energetiche rinnovabili, essenzialmente sistemi solari termici e fotovoltaici integrati nell'edificio o ad esso annessi. Nella recente integrazione data dal D.P.R. 59/2009 [5], che ha portato a regime il quadro delle diverse prescrizioni su involucro edilizio e impianti, si stabilisce (art. 4, comma 12) che "per la determinazione del fabbisogno di energia primaria dell'edificio, sono considerati ricadenti fra gli impianti alimentati da fonte rinnovabile gli impianti di climatizzazione invernale dotati di generatori di calore alimentati a biomasse combustibili che rispettano i seguenti requisiti: a) rendimento utile nominale minimo conforme alla classe 3 di cui alla norma Europea UNI EN 303-5; b) limiti di emissione conformi all'allegato IX alla parte quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, ovvero i più restrittivi limiti fissati da norme regionali, ove presenti; c) utilizzano biomasse combustibili ricadenti fra quelle ammissibili ai sensi dell'allegato X alla parte quinta del medesimo decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni." Decisamente onerosa sembra la prescrizione di cui alla lettera a), che si traduce in un limite inferiore relativamente elevato al rendimento di generazione, da calcolarsi tramite la formula [13]

$$\eta_k \equiv 67 + 6 \times \log(Q_N) \quad (3)$$

ove il logaritmo si intende in base 10 e Q_N è la potenza termica nominale del generatore, espressa in kilowatt.

Il limite η_k in Eq. (3) non può essere di fatto soddisfatto dalla maggior parte delle piccole caldaie oggi in commercio e indica una chiara esigenza di contenere il fabbisogno di biomasse combustibili, anche se considerate fonti rinnovabili. Ciò contrasta in qualche misura con alcune disposizioni come il D.M. 11/03/2008 [14], attuativo della Finanziaria 2008 e, in particolare, del quadro degli incentivi al risanamento energetico degli edifici, il quale stabilisce (art. 3, comma 3) che "Ai soli fini dell'accesso alle detrazioni dell'imposta sul reddito di cui di cui all'art. 1, comma 344, della legge finanziaria 2007, per il calcolo dell'indice di prestazione energetica conseguente all'installazione di generatori di calore a biomasse che rispettano i valori minimi prestazionali di cui all'art. 1, comma 2, il potere calorifico della biomassa viene considerato pari a zero." I valori minimi prestazionali a cui il decreto fa riferimento sono i medesimi poi ripresi dal D.P.R. 59/2009 e sopra riportati ai punti a), b) e c). Il recentissimo D.M. 26/01/2010 [15] riscrive peraltro il comma del D.M. 11/03/2008 appena citato con il seguente testo: «3. Ai soli fini dell'accesso alle detrazioni di imposta di cui all'art. 1, comma 344, della legge finanziaria 2007, nel caso in cui la riqualificazione energetica includa la sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili si assume una quota di energia fossile pari all'energia primaria realmente fornita all'impianto moltiplicata per il fattore 0,3.»

Va rilevato che, per esplicita indicazione normativa, i valori dei coefficienti di conversione prescritti dal D.M. 26/01/2010 per le biomasse combustibili non possono essere automaticamente applicati per finalità diverse da quelle previste. E infatti, la regione Lombardia prevede, ai fini della progettazione e certificazione energetica, un fattore di conversione 0.5 [16], la Provincia autonoma di Trento un ben più penalizzante 0.8 [17]. Il quadro generale è evidentemente variegato e confuso, spaziando dal considerare pressoché gratuiti gli apporti da biomasse, fino al dargli un peso non lontano da quello dei combustibili fossili.

Uno spunto per una convergenza ad un valore unitario si può desumere dalla Direttiva europea 2002/91/CE, la quale recita all'articolo 1 che "L'obiettivo della presente direttiva è promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e [del]l'efficacia sotto il profilo dei costi." All'interno del virgolettato si è qui introdotta, tra parentesi quadre, una preposizione che è assente nella versione italiana ufficiale della Direttiva, ma che appare invece necessaria se si va a consultare la versione in inglese ("The objective of this Directive is to promote the improvement of the energy performance of buildings within the Community, taking into account outdoor climatic and local conditions, as well as indoor climate requirements and cost-effectiveness" [18]) e quelle nelle altre principali lingue dell'Unione europea. Ne consegue una formulazione dell'articolo 1 di significato sensibilmente modificato e verosimilmente più aderente all'intendimento del legislatore, che appare indicare che il miglioramento del rendimento energetico degli edifici non vada perseguito ad ogni prezzo, bensì tenendo conto dell'efficacia delle misure e degli interventi che si vanno ad imporre sotto il profilo dei costi, di gestione come di impianto. Pertanto, se dei costi bisogna tenere conto, sembra opportuno associare alle diverse fonti energetiche un peso commisurato al costo economico

specifico che queste presentano per l'utente finale. È altresì vero che la Direttiva è in corso di revisione, ma il processo si prospetta lungo e tormentato e, in ogni caso, tutta la legislazione nazionale e regionale oggi in vigore discende dal testo attuale.

Per generalizzare il principio appena espresso, si può affermare che dovrebbe vedersi attribuito un fattore di conversione pari o prossimo a zero solo l'energia gratuitamente accessibile, che sia essa rinnovabile o non rinnovabile. È questo il caso dell'energia solare captata dagli impianti solari termici e fotovoltaici, di quella eolica, o anche di quella da reflui termici di attività produttive altrimenti inutilizzabili e non convenientemente abbattibili (sono al riguardo in molti a sostenere che ogni disposizione normativa in merito all'utilizzo dei reflui dovrebbe sempre essere formulata in modo da non disincentivare la messa in efficienza del processo produttivo di origine). Non è invece il caso dell'energia derivante dalla combustione di biomasse – a meno che non si possa dimostrare che il fondo agricolo da cui le biomasse sono ottenute e l'edificio in cui sono utilizzate siano indissolubilmente e permanentemente integrati e le attività di raccolta ed utilizzo siano interamente gestite dal detentore del fondo e dell'edificio. In ogni caso, il fattore di conversione dovrebbe tenere conto anche delle dinamiche di mercato e del valore commerciale che l'energia in questione può avere, nella considerazione che in un mercato virtuoso e non distorto da tassazioni, monopoli e cartelli, il costo dell'energia primaria per un dato uso non dovrebbe dipendere sostanzialmente dalla fonte.

Stabilito che il fattore di conversione in energia primaria dovrebbe tendere all'unità piuttosto che a zero, la definizione di un suo valore preciso non può prescindere dalla particolare situazione nazionale e regionale. Tuttavia, spunti interessanti per la normazione o valori utilizzabili nell'interim del vuoto normativo possono desumersi dalla precedentemente citata norma UNI EN 15603 [8], che in Annex E riporta, a titolo informativo, una tabella dei fattori di conversione in energia primaria di diverse fonti energetici, distinguendo tra fattore riferito alla sola parte non rinnovabile e fattore relativo all'energia primaria totale, rinnovabile e non. Il contenuto della tabella è riportato in Tab. 1, integrato, a titolo indicativo, con informazioni reperite in bibliografia circa alcune biomasse legnose lavorate. Inoltre, poiché la UNI EN 15603 tiene in considerazione anche l'energia associata a trasformazione, trasporto e immagazzinamento dei vari combustibili, ed assegna quindi ai combustibili fossili un fattore di conversione in energia primaria superiore a 1, per rendere utilizzabili nel contesto normativo italiano i valori proposti, questi si possono normalizzare dividendoli per il fattore di conversione associato al gas naturale, pari a 1.36; i valori così ottenuti sono riportati nell'ultima colonna di Tab. 1.

I valori normalizzati per le biomasse legnose da combustione variano da 0.49 per biomasse di scarto (per ipotesi, residui non trattati della lavorazione del legno, oppure derivanti da potature agricole e manutenzione boschiva), fino a 0.78÷0.81 per legname in ciocchi e 0.88 per legname preparato (ad esempio, cippato e pellet). Altri valori reperibili in letteratura non si discostano significativamente da quelli tabulati. Dovendo quindi reperire un riferimento o formulare una prescrizione ai fini della progettazione o della certificazione energetica, sembrerebbe opportuno selezionare un valore situato in un intorno di quelli in Tab. 1, che tra l'altro consentono di mantenere sostanzialmente allineati il fabbisogno di energia primaria e il costo economico di acquisizione del combustibile.

Tabella 1.
Fattori di conversione in energia primaria

<i>Fonte/Vettore energetico</i>	$f_{p,non\ rinn.}$	f_p	$f_p/f_{p,GN}$
Olio combustibile ^A	1.35	1.35	0.99
Gas naturale ^A	1.36	1.36	1.00
Antracite ^A	1.19	1.19	0.88
Lignite ^A	1.40	1.40	1.03
Coke ^A	1.53	1.53	1.13
Legna in trucioli ^A	0.06	1.06	0.78
Legna in ciocchi ^A	0.09	1.09	0.80
Legna di faggio in ciocchi ^A	0.07	1.07	0.79
Legna di abete in ciocchi ^A	0.10	1.10	0.81
Elettricità da imp.ti idroelettrici ^A	0.50	1.50	1.10
Elettricità da impianti nucleari ^A	2.80	2.80	2.06
Elettricità da impianti a carbone ^A	4.05	4.05	2.98
Elettricità da imp.ti rete UCPTE ^A	3.14	3.31	2.43
Biocombustibili solidi (legna) ^B		1.08	0.79
Biomasse lavorate ^B		1.20	0.88
Biomasse di scarto selezionate ^B		0.66	0.49
Cippato ^C		1.10	0.81
Pellets ^C		1.10	0.81
Dati da ^A UNI EN 15603:2008 [8], ^B SOU 2008:25 [19], ^C SAP 2005 versione 9.83 [20]			

ENERGIA PRIMARIA E SISTEMI COGENERATIVI

La valutazione del fabbisogno di energia primaria di edifici serviti da sistemi di cogenerazione può essere efficacemente eseguita tramite la relazione in Eq. (2). Infatti, nell'ultima parentesi è esplicitamente contemplata l'energia elettrica esportata dal sistema, che viene sottratta ai fabbisogni elettrici relativi alle diverse funzioni di impianto. Ove la produzione di energia termica per riscaldamento e/o per acqua calda sanitaria (ACS) sia parzialmente assicurata da dispositivi ad alimentazione elettrica (ad esempio pompe di calore di qualunque tipo, oppure termoconvettori e bollitori), gli specifici fabbisogni possono essere pure raccolti nel bilancio tra parentesi. L'energia dei combustibili contemplata in Eq. (2) in relazione alle funzioni riscaldamento e ACS deve altresì includere il fabbisogno di combustibile complessivamente utilizzato dall'apparato cogenerativo.

Qualche annotazione a margine si può formulare circa il fatto che si assegna all'energia elettrica prodotta il fattore di conversione proprio del sistema elettrico generale, anche se la generazione potrebbe avvenire di notte e risultare poco utile al sistema, quindi di minor valore. Il problema può essere mitigato premiando in qualche modo la generazione quando avviene nei momenti di massimo assorbimento della rete, nonché penalizzandola nelle altre circostanze, ma tenerne conto nei calcoli energetici rappresenta probabilmente una complicazione eccessiva. Un ulteriore appunto si può esprimere circa l'intenzione di alcune amministrazioni locali, palesata informalmente ai tavoli di concertazione ma che ancora non risulta tradotta in prescrizioni normative, di limitare ad una quantità pari al consumo effettivo in loco l'ammontare di energia elettrica esportata computabile ai fini del calcolo della prestazione energetica dell'edificio, con lo scopo di non incoraggiare il sovradimensionamento dei sistemi generativi e cogenerativi.

Un'ultima ma forse più importante considerazione può riguardare il risparmio di energia primaria che i sistemi di cogenerazione consentono rispetto al fabbisogno altrimenti necessario per la produzione separata di energia elettrica e termica. Tale risparmio nella Direttiva europea 2004/8/CE

[21] (receputa in Italia dal D.Lgs. 20/2007 [22]), viene indicato con l'acronimo *PES* ("primary energy saving") e ne è prescritto il calcolo, in termini percentuali, con la formula

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{\eta_{H,CHP}}{\eta_{H,Ref}} + \frac{\eta_{E,CHP}}{\eta_{E,Ref}}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

ove

$\eta_{H,CHP}$ è il rendimento termico della produzione mediante cogenerazione, definito come il rapporto tra energia termica prodotta e energia del combustibile complessivamente consumata,

$\eta_{H,Ref}$ è il valore di riferimento del rendimento per la produzione separata di energia termica,

$\eta_{E,CHP}$ è il rendimento elettrico della produzione mediante cogenerazione, definito come il rapporto tra energia elettrica prodotta e energia del combustibile complessivamente consumata,

$\eta_{E,Ref}$ è il valore di riferimento del rendimento per la produzione separata di energia elettrica.

I rendimenti di riferimento sono specificati dalla Decisione 2007/74/CE della Commissione europea [23], la quale, a titolo esemplificativo, riporta un valore $\eta_{H,Ref}=90\%$ per la produzione di energia termica sotto forma di acqua calda ottenuta a partire da gas naturale, nonché un valore $\eta_{E,Ref}=52.5\%$ per la produzione di energia elettrica sempre da gas naturale. Il secondo rendimento va corretto tramite opportuni coefficienti che servono a tenere conto delle perdite di trasformazione e trasmissione evitate sulla rete, anch'essi specificati dalla Decisione 2007/74/CE. Questa, sempre a titolo esemplificativo, per una tensione <400 V associa un coefficiente correttivo 0.925 alla frazione di energia elettrica immessa in rete e 0.860 alla frazione auto-consumata.

IL D.P.R. 59/2009 [5], riprendendo una precedente disposizione del D.Lgs. 192/2005, prescrive (art. 4, comma 22) che "nel caso di edifici di nuova costruzione o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, l'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50 per cento del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria con l'utilizzo delle predette fonti di energia. Tale limite è ridotto al 20 per cento per gli edifici situati nei centri storici". Inoltre, il medesimo Decreto stabilisce (art. 4, comma 23) che "nel caso di edifici di nuova costruzione, pubblici e privati, o di ristrutturazione degli stessi conformemente all'articolo 3, comma 2, lettera a), del decreto legislativo, è obbligatoria l'installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica". Non viene specificata nessuna potenza minima, ma vale in merito la L. 244/2007 [24], che stabilisce che "All'articolo 4 del testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia, di cui al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, e successive modificazioni, il comma 1-bis è sostituito dal seguente: «1-bis. a decorrere dal 1° gennaio 2009, nel regolamento di cui al comma 1, ai fini del rilascio del permesso di costruire, deve essere prevista, per gli edifici di nuova costruzione, l'installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, in modo tale da garantire una produzione energetica non inferiore a 1 kW per ciascuna unità abitativa, compatibilmente con la realizzabilità tecnica dell'intervento. Per i fabbricati industriali, di estensione superficiale non inferiore a 100 metri quadrati, la

produzione energetica minima è di 5 kW»." La prescrizione, poi prorogata al 1° gennaio 2010, è stata in realtà receputa anticipatamente da svariate regioni e comuni.

Per ciò che riguarda l'acqua calda sanitaria, il disposto normativo sembra far riferimento, senza esplicitamente citarli, ai pannelli solari termici, però non chiude la porta a soluzioni impiantistiche diverse, purché a fonte rinnovabile. Inoltre, in merito all'installazione di impianti fotovoltaici, le amministrazioni locali generalmente ne ammettono la sostituibilità con altri impianti generativi a fonte rinnovabile o assimilata. A tal proposito, considerando che un risparmio di energia primaria presenta benefici perfettamente equivalenti, in termini di riduzione del fabbisogno di combustibili fossili, ad una produzione da fonte rinnovabile, tanto gli impianti solari termici quanto quelli fotovoltaici sono verosimilmente sostituibili con impianti cogenerativi, ma serve un criterio sulla base del quale sancirne l'equivalenza. In tema di fotovoltaico, molte amministrazioni locali richiedono un'uguale potenza di picco, ma con ciò non si tiene in considerazione l'elevata discontinuità della produzione elettrica dei pannelli fotovoltaici e si rischia quindi un elevato sovradimensionamento del sistema cogenerativo, che funziona generalmente a potenza nominale, rendendone eccessivi i reflui termici e impedendone di fatto l'attivazione per buona parte dell'anno.

Un criterio alternativo di equivalenza può essere basato sul dimensionamento del sistema cogenerativo in modo tale che questo produca un risparmio di energia primaria, dato dal prodotto del *PES* per il fabbisogno totale di energia primaria del sistema stesso, uguale

a) all'energia elettrica, convertita in energia primaria, ottenibile da un sistema a pannelli fotovoltaici della potenza di picco richiesta (generalmente 1 kW per unità immobiliare), collocato nella località in esame ed installato con orientazione ottimale e assenza di ombreggiamenti, oppure

b) al risparmio annuo richiesto ad un impianto a pannelli solari termici (generalmente il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria per produzione di ACS).

Adottando il criterio sopra indicato, si ottengono potenze per unità immobiliare relativamente ridotte, che consentono a impianti condominiali da pochi kilowatt di soddisfare i requisiti di legge e al contempo di garantire un maggiore numero di ore di attivazione all'anno. Si consideri a titolo esemplificativo un sistema di cogenerazione a motore endotermico con rendimento elettrico 28.8% e rendimento termico 56.2% (valori in linea con quelli nominali di alcuni diffusi dispositivi commerciali), installato in Emilia-Romagna, in zona climatica E, a servizio di un condominio di 8 unità immobiliari con superficie utile di 80 m² ciascuna. Se durante la metà dell'anno a riscaldamento inattivo si prevedono circa 600 ore di attivazione del sistema, è richiesta una potenza elettrica installata di 0.74 kW per unità immobiliare per soddisfare esattamente il fabbisogno convenzionale per produzione di ACS [10], mentre sono circa 4200 le ore di attivazione possibili nella restante parte dell'anno, per far fronte al fabbisogno convenzionale combinato per riscaldamento e produzione di ACS [9-10] (con integrazione da caldaia nei mesi più rigidi); si ottiene così un risparmio di energia primaria analogo alla producibilità di un impianto fotovoltaico da 1 kW di picco, tipicamente pari a circa 1150 kWh/anno di energia elettrica e a 2550 kWh/anno di energia primaria. Un sistema cogenerativo con identiche prestazioni, ma dimensionato in modo da offrire una potenza elettrica installata di 1 kW per unità immobiliare, potrebbe essere invece attivato solo 450 ore durante la stagione calda, per

sopperire esattamente alla produzione di ACS, e solo 3100 ore durante la stagione fredda, con un risparmio di energia primaria ancora analogo alla producibilità di un impianto fotovoltaico, ma a fronte di un periodo di attivazione totale annua molto inferiore, 3550 ore contro 4800, un costo di impianto superiore e il rischio di maggiori oneri di manutenzione a causa del più frequente numero di arresti e riavvii d'estate e nelle mezze stagioni. Infine, un sistema cogenerativo con ancora identiche caratteristiche, ma dimensionato in modo da offrire un risparmio pari a circa 1000 kWh/anno per unità immobiliare, cioè equivalente a quello consentito da un impianto a pannelli solari termici che copra il 50% del fabbisogno annuale di energia primaria per ACS, richiede una potenza elettrica installata di soli 0.22 kW per unità immobiliare e può essere attivato per 2000 ore durante la stagione calda e per l'intera stagione fredda.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La disponibilità di univoci fattori di conversione in energia primaria dell'energia ottenuta da biomasse combustibili appare di fondamentale importanza ai fini di una valutazione comparativa rigorosa dell'efficienza energetica degli edifici. È altresì desiderabile l'introduzione di criteri di equivalenza tra impianti a fonte rinnovabile e sistemi cogenerativi che vadano nella direzione del vantaggio individuale e della collettività piuttosto che in quella della mera semplificazione normativa. Si auspica pertanto che la promulgazione di norme specifiche sia rapida e possibilmente avvenga su base nazionale, ma anche che in tali norme non si perda di vista il basilare requisito di derivazione comunitaria, in questa sede ampiamente sottolineato, dell'efficacia sotto il profilo dei costi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministero dello Sviluppo Economico, D.M. 26/06/2009 – Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, *G.U.*, n. 158 del 10/07/2009.
- [2] Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia, versione inglese, *G.U.C.E.*, L1, pp. 65-71, del 04/01/2003.
- [3] D.Lgs. n. 192 del 19/08/2005 – Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, *G.U.*, n. 222, S.O. n. 158, del 23/09/2005.
- [4] D.Lgs. n. 311 del 29/12/2006 – Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia, *G.U.*, n. 26, S.O. n. 26/L, del 01/02/2007.
- [5] D.P.R. n. 59 del 02/04/2009 – Regolamento recante attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del DLG 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia, *G.U.*, n. 132 del 10/06/2009.
- [6] L. n. 10 del 09/01/1991 – Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia, *G.U.*, n. 13, S.O. n. 6, del 16/01/2001.
- [7] COM(2008) 780 del 13/11/2008, Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sul rendimento energetico nell'edilizia (rifusione) sul rendimento energetico nell'edilizia, accessibile sul sito: eur-lex.europa.eu, 2008.
- [8] UNI EN 15603:2008 – Prestazione energetica degli edifici – Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica, Gennaio 2008.
- [9] UNI/TS 11300-1:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, Maggio 2008.
- [10] UNI/TS 11300-2:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, Maggio 2008.
- [11] Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, Delibera EEN 3/08– Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica, *G.U.*, n. 100, S.O. n. 107, del 29/04/2008.
- [12] Ministero dello Sviluppo Economico, Bilancio Energetico Nazionale 2008, accessibile all'indirizzo: www.sviluppoeconomico.gov.it/pdf_upload/energia/BEN_2_008.pdf, 2008.
- [13] UNI EN 303-5:2004 – Caldaie per riscaldamento – Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW – Parte 5: Terminologia, requisiti, prove e marcatura, Ottobre 2004.
- [14] Ministero dello Sviluppo Economico, D.M. 11/03/2008 – Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a), della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296, *G.U.*, n. 66 del 18/03/2008.
- [15] Ministero dello Sviluppo Economico, D.M. 26/01/2010 – Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici, *G.U.*, n. 35 del 12/02/2010.
- [16] Regione Lombardia, Allegato al Decreto n. 5796 dell'11/06/2009 – Procedura di calcolo, Prosp. XXIX, 2009.
- [17] Provincia autonoma di Trento, Allegato alla D.G.P. n. 2167 del 20/10/2006 – Requisiti minimi delle prestazioni energetiche, classificazione degli edifici e relativa metodologia di calcolo in Provincia di Trento, 2006.
- [18] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, versione inglese, *G.U.C.E.*, L1, pp. 65-71, del 04/01/2003.
- [19] SOU 2008:25, Ett energieffektivare Sverige – Delbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen (Una Svezia a basso consumo energetico – Relazione intermedia di inchiesta sull'efficienza energetica), accessibile sul sito: www.regeringen.se, Stoccolma, 2008.
- [20] SAP 2005 version 9.83, The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings (2005 edition, revision 3), Tab. 12, June 2009.
- [21] Direttiva 2004/08/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 febbraio 2004 sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia e che modifica la direttiva 92/42/CEE, *G.U.C.E.*, L52, pp. 50-60, del 21/02/2004.
- [22] D.Lgs. n. 20 del 08/02/2007 – Attuazione della direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia, nonché modifica alla direttiva 92/42/CEE, *G.U.*, n. 54 del 06/02/2007.
- [23] Decisione 2007/74/CE della Commissione del 21 dicembre 2006 che fissa valori di rendimento di riferimento armonizzati per la produzione separata di elettricità e di calore in applicazione della direttiva 2004/8/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, *G.U.C.E.*, L32, pp. 183-188, del 06/02/2007.
- [24] L. n. 244 del 24/12/2007, Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (finanziaria 2008), *G.U.*, n. 300, S.O. n. 285, del 28/12/2007.

LA CASA PASSIVA MEDITERRANEA: PROSPETTIVE ALLA LUCE DELLA RIFUSIONE DELLA DIRETTIVA EPBD

Alex Lambruschi^{a,#}, Alberto Muscio^b

^aDipartimento di Architettura, Università di Ferrara

^bDip. di Ingegneria Meccanica e Civile, Università di Modena e Reggio Emilia

[#]alex.lambruschi@unife.it, tel. +39 0532 29 3631, fax +39 0532 29 3631

SOMMARIO

La nuova direttiva comunitaria 2010/31/CE sull'efficienza energetica degli edifici ha recentissimamente introdotto il concetto di 'edificio ad energia quasi zero', ossia ridotto fabbisogno energetico e alimentato principalmente da fonti rinnovabili. È già da alcuni anni, tuttavia, che è stato introdotto il concetto di 'casa passiva', che ha portato anche alla definizione di specifici standard sviluppati sulla scorta di alcune esperienze negli stati della fascia alpina e settentrionale dell'Europa.

Non esistono a livello nazionale standard di edificio ad energia quasi zero o casa passiva, perciò è prassi far riferimenti agli standard sviluppati all'estero e, in particolare, a quello del Passivhaus Institut tedesco, che da anni controlla e certifica edifici passivi in molte regioni dell'Europa e anche in alcune del nord Italia. Lo standard Passivhaus permette di realizzare edifici con fabbisogni energetici per la climatizzazione invernale ed estiva ridottissimi, ma è focalizzato su climi alpini o continentali freddi.

In questo lavoro si tenta di tracciare un sintetico quadro della normativa nazionale riferibile alla realizzazione di edifici ad energia quasi zero o passivi in ambito mediterraneo, sviluppando una analisi critica ispirata dai dettati fondamentali della direttiva 2010/31/CE e finalizzata ad evidenziare le criticità fondamentali del problema.

INTRODUZIONE

Il processo di riduzione dei fabbisogni energetici dell'edilizia ha radici antiche: l' *homo sapiens* ha da sempre costruito ambienti confinati in cui mettersi al riparo non solo dai pericoli, ma anche e soprattutto dal clima, e si è perciò dovuto porre fin dalla notte dei tempi il problema della limitazione del fabbisogno di combustibili per il riscaldamento, perseguita attraverso l'isolamento delle pareti.

Gli approcci adottati dall'uomo per controllare il clima indoor, le tipologie edilizie a tal fine sviluppate e le tecnologie di climatizzazione si sono ovunque evolute in stretta relazione al clima esterno locale. La storia dell'architettura, se ripercorsa in chiave energetica, rivela come nelle varie epoche del passato la risposta alle esigenze di limitazione delle dispersioni termiche ha sempre pesantemente condizionato le tecniche costruttive. Questo binomio architettura-energia si è però spezzato con le rivoluzioni industriali, che hanno portato alla disponibilità di combustibili fossili a basso costo e di impiantistica evoluta per il loro utilizzo, permettendo così la realizzazione di edifici con elevato sviluppo delle superfici vetrate ed elementi strutturali e di tamponamento opachi finalizzati principalmente al massimo sfruttamento delle superfici edificabili, in orizzontale e verticale.

In tempi recenti, il problema della limitazione del consumo di combustibili fossili è tornato a porsi in modo prepotente, in conseguenza del progressivo esaurimento delle fonti energetiche non rinnovabili combinato con l'inquinamento atmosferico e i cambiamenti climatici causati dalle emissioni degli impianti di climatizzazione. Ciò ha dapprima indotto una sostanziale innovazione delle tecnologie impiantistiche e dei materiali di interesse energetico e, più recentemente, un ripensamento complessivo delle metodologie edificatorie, che è partito dal nord e centro Europa.

I paesi europei che si affacciano sul bacino del Mediterraneo e quelli limitrofi con condizioni climatiche assimilabili, primo fra tutti l'Italia, hanno storicamente fatto poco o nulla per l'efficienza energetica, ma in tempi più recenti la dipendenza per il 70% e oltre dei fabbisogni energetici dai combustibili fossili di importazione e la quota del 35-40% di tali fabbisogni assorbita dalla climatizzazione degli edifici e dall'edilizia in generale hanno portato anche tali paesi a riservare adeguata attenzione alle problematiche energetiche.

EDIFICI AD ENERGIA QUASI ZERO E CASE PASSIVE

La Comunità Europea, consapevole dell'impellenza delle problematiche di natura energetica, ha varato nel 2002 una serie di direttive volte a ridurre il fabbisogno energetico dell'edilizia. La direttiva 2002/91/CE [1], anche detta EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), ha avviato un percorso sistematico, metodologico e prescrittivo, per la riduzione e la messa in efficienza del parco immobiliare esistente e di quello di nuova costruzione, perseguiti attraverso l'imposizione di requisiti minimi di efficienza, di nuove metodologie di calcolo del rendimento energetico e di procedure di certificazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

Il recasting della EPBD attuato dalla direttiva 2010/31/UE [2] (EPBD II), frutto sia di impegni internazionali sul controllo dei gas serra, sia di una maggiore coscienza delle potenzialità della tecnica, ha introdotto all'art. 2 comma 2 (e meglio specificato all'art. 9) il concetto di 'edifici ad energia quasi zero'. Tali edifici sono definiti come corpi di fabbrica il cui fabbisogno energetico è basso ed è quasi totalmente

soddisfatto attraverso il ricorso a fonti energetiche rinnovabili. Nonostante una simile definizione si presti a moltissime interpretazioni, specialmente sulla quantificazione di 'fabbisogno basso', è un fatto abbastanza condiviso che non si tratti di edifici passivi, che sembrerebbero costituire uno standard superiore: una casa passiva è verosimilmente anche a energia quasi zero, mentre non è garantito il viceversa.

Sulla scorta delle norme tecniche di supporto all'attuazione della EPBD oggi disponibili in Europa (EN 13790, EN 15316) ed in Italia (UNI/TS 11300), un edificio può essere definito 'passivo' quando il fabbisogno di energia termica dell'involucro (calcolabile in Italia secondo la norma UNI/TS 11300-1:2008 [3]) è quasi nullo o comunque molto basso. Invece, un edificio ad energia quasi zero come previsto dalla direttiva comunitaria può avere un fabbisogno più elevato, ma questo deve essere soddisfatto in larga misura tramite il ricorso alle rinnovabili.

Rispetto a quanto oggi disponibile, il fabbisogno di energia primaria di un edificio ad energia quasi zero è dato da un'equazione conforme ai dettami dell'all. 1 della EPBD II:

$$Q_{p,tot} = Q_{H,nd} \times f_{p,H} + Q_{W,nd} \times f_{p,W} + Q_{C,nd} \times f_{p,C} + Q_{ILL,nd} \times f_{p,ILL} - Q_{RIN,nd} \times f_{p,RIN} \quad (1)$$

ove

$Q_{H,nd}$ fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale
 $f_{p,H}$ fattore di conversione in energia primaria per il vettore energetico utile alla climatizzazione invernale

$Q_{W,nd}$ fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria
 $f_{p,W}$ fattore di conversione in energia primaria per il vettore energetico utile alla produzione di acqua calda sanitaria

$Q_{C,nd}$ fabbisogno di energia per la climatizzazione estiva
 $f_{p,C}$ fattore di conversione in energia primaria per il vettore energetico utile alla climatizzazione estiva

$Q_{ILL,nd}$ fabbisogno di energia per l'illuminazione e la forza motrice elettrica
 $f_{p,ILL}$ fattore di conversione in energia primaria per il vettore energetico utile all'illuminazione e alla orza motrice elettrica

$Q_{RIN,nd}$ fabbisogno di energia fornito al sistema edificio-impianto attraverso lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili o assimilate
 $f_{p,RIN}$ fattore di conversione in energia primaria per il vettore energetico utile all'impiego delle rinnovabili nell'edificio.

Quella in Eq. (1) è una somma di fabbisogni energetici riguardanti la "gestione" dell'edificio. Si potrebbe peraltro completare tale somma in conformità alla direttiva 2010/30/UE [4], che tratta l'eco-labelling dei prodotti che consumano energia, ossia la contabilizzazione del fabbisogno energetico impegnato per realizzare il fabbricato. In tal caso, il bilancio di energia primaria potrebbe essere calcolato come segue:

$$Q_{p,tot} = Q_{H,nd} \times f_{p,H} + Q_{W,nd} \times f_{p,W} + Q_{C,nd} \times f_{p,C} + Q_{ILL,nd} \times f_{p,ILL} + Q_{MAT,nd} \times f_{p,MAT} - Q_{RIN,nd} \times f_{p,RIN} \quad (2)$$

ove

$Q_{mat,nd}$ frazione del fabbisogno di energia per la fornitura dei materiali e componenti dell'edificio, riferita alla frazione di ciclo di vita considerata
 $f_{p,MAT}$ fattore di conversione in energia primaria per il vettore energetico utile alla produzione, alla cantierizzazione e alla dismissione dei vari materiali e componenti dell'edificio

Tra i dettati della direttiva EPBD e della EPBD II è ben chiaro, all'art.1 comma 1, che i parametri energetici e le classi di prestazione devono essere definiti in funzione del clima e

delle tipologie costruttive. La motivazione di tale indirizzo è ovviamente da ricercare nel fatto che il clima influenza le condizioni di confort degli utenti e la conseguente risposta del sistema involucro-impianto. Con riferimento al concetto di edificio ad energia quasi zero è lecito chiedersi se sia possibile, a fronte di una forte disuniformità delle condizioni climatiche locali, definire standard costruttivi applicabili a tutto il territorio anche solo di un singolo paese come l'Italia piuttosto che a tutta l'Unione Europea.

In Italia è dal 1991 che si analizzano i parametri energetici in funzione della zona climatica: il D.P.R. 412/1993, Allegato A [5], associa ad ogni Comune d'Italia uno specifico valore del parametro gradi-giorno (GG), calcolato in funzione delle differenze di temperatura tra interno ed esterno storicamente registrate nel periodo invernale convenzionale. Sulla base dei gradi-giorno è stato possibile dividere il territorio nazionale in sei zone climatiche con fabbisogni energetici invernali assimilabili. La definizione di una analogo parametro per la climatizzazione estiva non è stata tuttavia ancora possibile per la predominanza che gli apporti solari assumono in tale caso. Ciononostante, una raccolta generale di parametri climatici standard per le singole località, relativi non solo alle temperature ma anche all'insolazione, all'umidità atmosferica e alla ventosità, è stata poi elaborata e organizzata nella norma tecnica UNI 10349:1994 [6]. Il bilancio energetico di cui alle Eq. (1)-(2) è in effetti influenzato da tutti i diversi parametri climatici considerati nella UNI 10349, perciò dipendono da questi anche i fabbisogni degli edifici e l'inquinamento da essi indotto.

Al fine di classificare il territorio tenendo in conto tutti i parametri sopra citati, il climatologo Wladimir Koppen ha studiato i climi della terra e, nel caso specifico della penisola italiana, ne ha suddiviso il territorio nelle seguenti zone [7]:

- a clima 'temperato mite umido', suddividibile a sua volta in zone a:
 - clima temperato subtropicale (Csa tentente BS)
 - clima temperato caldo mediterraneo (Csa)
 - clima temperato ad estate tiepida (Csb)
 - clima temperato di transizione al mediterraneo (Cfsa)
 - clima temperato ad estate calda (Cfa)
 - clima temperato ad estate tiepida (Cfb)
 - clima temperato fresco (Cfc)
- a clima 'temperato freddo e polare', suddividibile a sua volta in zone a:
 - clima temperato freddo d'altitudine (Dfh)
 - clima freddo della tundra d'altitudine (Eth)
 - clima niviale d'altitudine (Efh)

Nel periodo 2002-2005, l'ISAC-CNR ha rielaborato tale suddivisione con il modello Koppen Geiger per meglio rappresentare alcune peculiarità del nostro territorio come, ad esempio, la situazione orografica, l'ubicazione e le caratteristiche dei mari, ed è arrivato a classificare il clima in 6 macro zone (Fig. 1) [8]:

- Regione litoranea tirrenica, medio adriatica e ionica;
- Regione sublitoranea interna
- Regione padano-veneta, alto adriatico e peninsulare interna,
- Regione prealpina e medio appenninica
- Regione alpina e alto appenninica
- Regione alpine

Ragionando in termini di prestazioni energetiche, è possibile elaborare modelli base di casa a energia quasi zero per le varie macro-aree, andando in prima istanza a guardare i

modelli di casa passiva. Quello forse meglio definito è identificabile con lo standard proposto dal Passivhaus Institut di Darmstad (D) [9], così sintetizzabile:

- fabbisogno energetico utile richiesto per la climatizzazione invernale $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{anno})$
- fabbisogno energetico utile richiesto per la climatizzazione estiva $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{anno})$
- carico termico invernale $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- carico termico estivo $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- tenuta dell'aria $n_{50} \leq 0,6/\text{h}$
- fabbisogno energetico primario $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{anno})$

In Austria lo standard Passivhaus è sarà obbligatorio per tutte le nuove costruzioni a partire dal 2015, mentre nella regione del Vorarlberg lo è già dal 2007. Si tratta di un obiettivo molto ambizioso, che deve mettere a sistema un fortissimo rigore tecnico e culturale.

È lecito domandarsi se lo standard sia tecnicamente applicabile anche all'Italia, a prescindere da ogni valutazione sulla predisposizione culturale italiana all'efficienza energetica. Per dare una risposta a tale quesito, si è analizzato lo standard in chiave prestazionale, simulando tramite un software di calcolo operante in regime quasi stazionario sulla base delle norme tecniche UNI alcuni possibili scenari riguardanti un'abitazione plurifamiliare da 13 unità abitative, collocata a Vipiteno, Torino, Reggio Emilia, Livorno, Roma, Bari, Palermo o Lampedusa. Si riportano in Tab. 1 i risultati dell'analisi (riferiti all'intero edificio e non alla singola unità).

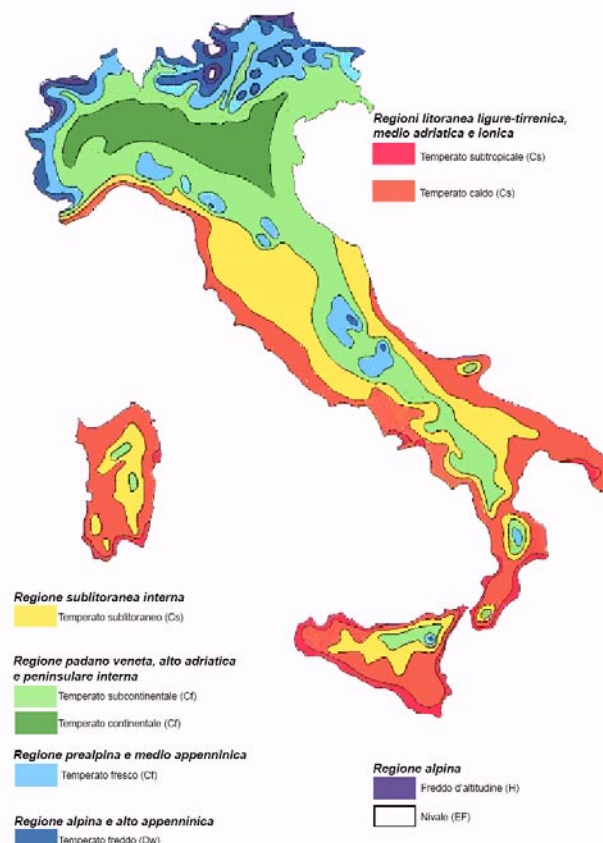


Figura 1. Zonizzazione climatica secondo Koppen Geiger [8].

Tabella 1. Risultati delle analisi teoriche.

	Vipiteno	Torino	Reggio E.	Livorno	Roma	Bari	Palermo	Lampedusa
Volume riscaldato V	3263 m ³							
Superficie disperdente S	1707 m ²							
Rapporto di forma S/V	0.52 m ⁻¹							
Alloggi insediati	13							
Superficie utile calpestabile	895							
GG	3959	2617	2560	1408	1415	1185	751	568
Zona Climatica	F	E	E	D	D	C	B	A
Trasmittanza elementi opachi verticali	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.18	0.21	0.28
Trasmittanza elementi opachi orizzontali in copertura	0.12	0.12	0.12	0.14	0.14	0.17	0.17	0.17
Trasmittanza elementi opachi orizzontali a pavimento	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15	0.22	0.22	0.59
Trasmittanza media serramenti	0.8	0.80	1.0	1.1	1.1	1.3	1.8	1.8
Efficienza del recuperatore di calore VMC	60% (al netto del lavoro elettrico degli ausiliari)							
Fattore conversione del gas naturale in energia primaria	1.25							
EP _{i,invol}	38.33	25.73	25.48	19.93	20.83	17.00	12.64	10.08
EP _{e,invol}	2.84	3.24	5.14	6.33	11.14	12.89	16.92	43.74
EP _i	45.82	30.75	31.85	23.82	24.90	20.33	15.11	12.05
EP _{acs}	5.65	5.65	5.65	5.65	5.65	5.65	5.65	5.65
EP _e	0.00	15.92	25.19	31.02	54.59	63.16	82.91	214.33
EP _{ill}	43.57	43.57	43.57	43.57	43.57	43.57	43.57	43.57
EP _{tot}	95.04	95.89	106.26	104.06	128.71	132.71	147.24	275.60

Dai dati in Tab 1 si evince che un immobile costruito in modo da presentare trasmittanze termiche dimezzate rispetto ai limiti prescritti per ottenere l'agevolazione in credito di imposta al 55% – un livello di isolamento di fatto assai difficile da assicurare – non consente di rispettare tutti i vincoli di prestazione richiesti dallo standard Passivhaus. A esempio, man mano che si scende di latitudine è sempre più difficile garantire il rispetto dei parametri estivi e viceversa per quelli invernali. Un problema rilevante riguarda inoltre la climatizzazione estiva e, in particolare, il controllo dell'umidità atmosferica con i fabbisogni energetici a ciò collegati.

Pur considerando che lo studio è stato svolto con un software freeware operante in regime quasi stazionario (messo a disposizione gratuitamente online dal programma di certificazione energetica volontaria Ecoabita® [10]) e che, quindi, può essere migliorato e reso più rigoroso con l'ausilio di strumenti di analisi più sofisticati, è tuttavia possibile ipotizzare che lo standard Passivhaus non sarà rapidamente applicabile a tutto il territorio nazionale italiano in quanto agire sui parametri di prestazione su cui i progettisti e i costruttori tendono attualmente a focalizzarsi, le trasmittanze dell'involucro e i rendimenti di impianto, non sembra in generale sufficiente a garantire il rispetto dei diversi limiti sui fabbisogni di energia primaria.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo standard del Passivhaus Institut, seppur tecnicamente molto valido, non sembra rappresentare un modello di casa passiva o, più in generale, un modello di casa a energia quasi zero facilmente applicabile in tutto il territorio italiano e degli altri paesi affacciati sul bacino del Mediterraneo, in considerazione della varietà delle tipologie architettoniche e dell'elevata e disuniforme incidenza che gli apporti solari possono presentare ai fini della climatizzazione estiva.

In zone climatiche e in micro-aree ove gli apporti solari sono modesti e le temperature invernali rigide, ovviamente, i concetti di base della casa passiva possono fornire risultati adeguati in quanto le prestazioni degli edifici sono prevalentemente influenzate dal comportamento invernale dell'involucro, mentre ove sono elevati in estate sia gli apporti solari, sia la temperatura esterna e, di non secondaria importanza, l'umidità dell'aria, le prestazioni dell'involucro in regime estivo e i fabbisogni per il trattamento dell'aria possono divenire dominanti. Sembra perciò necessario sviluppare studi specifici, tarati sulle condizioni climatiche e

sulle tipologie architettoniche locali, al fine di identificare i parametri di prestazione e le tipologie di intervento su cui focalizzarsi per perseguire gli obiettivi comunitari.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia, Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, L1 del 04/01/2003.
- [2] Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sul rendimento energetico nell'edilizia, Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, L153 del 18/06/2010.
- [3] UNI/TS 11300-1:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Maggio 2008.
- [4] Direttiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti, versione italiana, Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, L153 del 18/06/2010.
- [5] Decreto del Presidente della Repubblica. n. 412 del 26/08/1993, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10; Gazzetta Ufficiale Italiana n.242 del 14/10/1993
- [6] UNI 10349:1994 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Aprile 1994
- [7] Strahler A.N. *Geografia fisica*, Piccin, 1993
- [8] Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel, 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.*, **15**, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>
- [9] <http://www.passiv.de>
- [10] www.ecoabita.it

PROBLEMATICHE ENERGETICO-AMBIENTALI E MISURE DI COMPENSAZIONE PER GLI IMPIANTI A BIOMASSE LEGNOSE

Alex Lambruschi^{a,#}, Giacomo Bizzarri^a, Alberto Muscio^b

^aDipartimento di Architettura, Università di Ferrara

^bDip. di Ingegneria Meccanica e Civile, Università di Modena e Reggio Emilia

[#]alex.lambruschi@unife.it, tel. +39 0532 29 3631, fax +39 0532 29 3631

SOMMARIO

Gli impegni internazionali assunti dall'Unione Europea e dall'Italia in termini di controllo delle emissioni clima-alteranti impongono lo sfruttamento estensivo delle fonti energetiche rinnovabili per sopperire ai fabbisogni nazionali e locali di combustibili fossili.

Per attuare azioni virtuose mirate al raggiungimento degli obiettivi del cosiddetto 'pacchetto clima', molte comunità locali della Pianura Padana stanno attuando azioni concrete, creando o pianificano la creazione di centrali energetiche ad energie alternative e, in particolare, alimentate a biomasse combustibili. Tuttavia, se per tali impianti non si prevedono opportune misure compensative, si può paradossalmente avere un inasprimento delle problematiche energetico-ambientali nonostante la riduzione presunta della produzione di gas clima-alteranti. In questo lavoro si affronta il problema nelle sue generalità e, quindi, si analizzano le misure compensative preventivate a fronte della realizzazione di un intervento in progetto.

INTRODUZIONE

L'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili ai fini del soddisfacimento dei fabbisogni elettrici e termici sta diventando sempre più diffuso, anche e soprattutto in virtù degli incentivi correntemente messi a disposizione dei soggetti privati e degli enti pubblici che siano interessati ad installare sistemi ad energia rinnovabile. In tale ambito, lo sfruttamento diretto dell'energia solare attraverso gli impianti fotovoltaici copre un'ampia quota degli interventi correntemente attuati, ma stanno trovando crescente diffusione anche altri tipi di impianto, tra i quali i sistemi basati sull'utilizzo di biomasse combustibili di origine vegetale e animale (legna, pellet, colture dedicate, liquami zootecnici, ecc.).

Nonostante l'impiego delle biomasse combustibili concorra positivamente alla riduzione delle emissioni globali di gas clima-alteranti, va tuttavia segnalato che, rispetto agli impianti a combustibili fossili, si può avere un incremento anche notevole del rilascio in atmosfera di sostanze inquinanti, con il rischio che molti interventi attuati siano in realtà peggiorativi delle condizioni ambientali e potenzialmente dannosi per le persone e per il territorio.

LO SFRUTTAMENTO DELLE BIOMASSE COMBUSTIBILI

La promozione delle fonti energetiche rinnovabili attuata negli ultimi anni si è sviluppata, oltre che nel settore civile, anche nel settore industriale e in quello terziario, pubblico e privato. Le iniziative incentivanti alla realizzazione sia di impianti fotovoltaici (il cosiddetto 'conto energia'[1]) che di sistemi generativi di taglia medio-grande ('tariffa onnicomprensiva'[2]), nonché gli sgravi fiscali sulle ristrutturazioni volte all'aumento dell'efficienza energetica

(credito di imposta al 55%)[3], hanno fatto sì che, nel triennio 2008-2010, molte regioni abbiano conosciuto un vero e proprio boom di installazioni, peraltro previsto o preventivato sia dal piano d'azione nazionale sulle fonti rinnovabili[4], sia dai vari piani energetici locali.

La normativa europea [5] e quella nazionale [6] hanno molto insistito sulla massima semplificazione delle procedure amministrative attinenti l'installazione di impianti a fonti rinnovabili, specialmente quelli di piccola taglia, nell'ottica di promuovere una generazione elettrica e termica diffusa sul territorio. Lo sfruttamento di fonti rinnovabili quali le biomasse combustibili, tuttavia, pone alcuni importanti problemi connessi all'impatto ambientale dei processi di combustione generalmente ignorati dalle prescrizioni normative. Ad esempio, la produzione di energia termica per climatizzazione degli ambienti mediante processi di combustione localizzata di legna in ciocchi, cippato o pellet è oggi relativamente diffusa, spinta anche dal fascino 'antico' delle tecnologie e dei dispositivi (fondamentalmente stufe e caldaie con potenza inferiore a 35 kW), ma il rendimento termico di combustione dei prodotti commerciali è generalmente inferiore al 40-50% per quelli più piccoli ed economici, e solo aumentando la scala dell'impianto e adottando apparati a controllo automatico con immissione di aria secondaria e post-combustione si arriva a rendimenti prossimi al 90% (Fig. 1)[7]. Rendimenti elevati si ottengono altresì mediante lo sfruttamento dei combustibili in assetto cogenerativo, cioè sfruttando non soltanto l'energia elettrica prodotta, ma anche il calore refluco recuperato all'interno di impianti di teleriscaldamento e mini-teleriscaldamento.

In tema di efficienza energetica, il quadro normativo odierno circa l'utilizzo delle biomasse combustibili è quello dato dalla direttiva europea sulla promozione delle rinnovabili e da quella sulle prestazioni energetiche degli edifici (EPBD II)[8] con i loro recepimenti italiani del D.Lgs 28/2011[9] e del D.Lgs. 192/2005[10] nelle sue varie modificazioni ed

integrazioni. Tale quadro vede l'attribuzione di un fattore di conversione dell'energia ottenuta dalle biomasse in energia primaria pari a 0.3 anziché a 1[11], il valore stabilito dalla UNI/TS 11300-2 [12] per i combustibili fossili, ciò però a patto che i generatori garantiscano un rendimento termico non inferiore a quello indicato dalla norma tecnica UNI EN 303-5 [13] (dispositivi cat. III) e le emissioni siano contenute entro i limiti indicati dal testo unico dell'ambiente (D.Lgs. 152/2006)[14]. Ne consegue che i generatori a biomasse legnose, oggi disponibili in diverse tipologie e con rendimento adeguati, sono sempre più spesso adottati in sede di riqualificazione energetica di edifici esistenti.

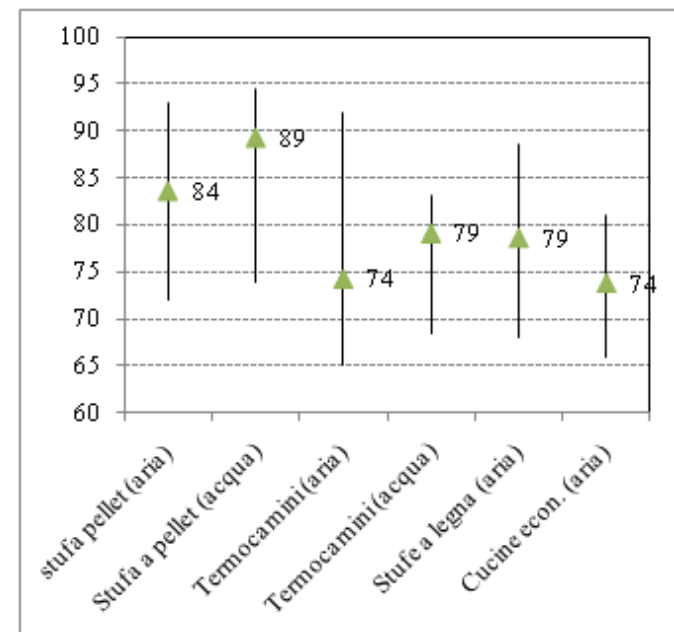


Figura 1. Rendimento al focolare a potenza nominale degli apparecchi domestici a legna e pellet (dati da [6]).

IL PROBLEMA DELLE EMISSIONI INQUINANTI

In tutti i processi di combustione, al camino di evacuazione dei fumi si ha essenzialmente il rilascio di vapore acqueo e anidride carbonica. Alla combustione di biomasse legnose si associa tuttavia anche l'emissione di quantità significative di ossidi di azoto, ceneri e particolato. Il legno è infatti, dal punto di vista chimico, una sostanza costituita da lunghe cellule con pareti sottili composte da polisaccaridi come la cellulosa, lignina, grassi e oli, carboidrati (Tab. 1). Il legname appena raccolto ha inoltre un elevato contenuto di acqua e, quindi, un potere calorifico relativamente basso, anche molto inferiore a quello del legno anidro (Tab. 2).

La combustione del legname è un fenomeno abbastanza complesso, che può essere diviso nelle seguenti fasi:

- Essiccazione: parte del calore sviluppato dalla combustione viene assorbito per vaporizzare l'acqua; l'essiccamento completo si ottiene solo quando la temperatura del legno raggiunge i 200°C
- Gassificazione: dopo l'essiccazione, si forma la fiamma in quanto si liberano gas combustibili emessi dal legno in conseguenza della sua decomposizione
- Combustione: i gas prodotti durante la gassificazione completano la loro combustione e arrivano così a raggiungere temperature superiori a 1000°C

In letteratura sono presenti pochi dati sulle emissioni degli apparecchi domestici, principalmente riguardanti il monossido

di carbonio (Fig. 2) in quanto la legislazione nazionale prevede limiti solo per tale inquinante. In particolare, le norme relative agli apparecchi termici domestici indicano che il valore di CO emesso deve essere inferiore o uguale a 12'500 mg/Nm³. La norma UNI EN 15250:2007[15] per gli apparecchi a lento rilascio di calore stabilisce un limite di 3750 mg/Nm³, mentre la UNI 14785:2006 [16] per gli apparecchi domestici a pellet di legna fissa il limite di CO a 500 mg/Nm³ per il funzionamento a potenza nominale e 750 mg/Nm³ nella combustione lenta.

Tabella 1.

Composizione media della legna comune.

cellulosa	40-50%
lignina	20-30%
grassi e oli	8-15%
carboidrati	8-16%
solforati	0.1%
cloruri	0.05%

Tabella 2.

Potere calorifico inferiore [kWh/kg] del legname.

	anidro	umido
robinia	4.9	3.6
pioppo	4.7	3.3
salice	4.7	2.9
quercia	5.2	4.4
eucalipto	4.5	3.3

Le emissioni nocive prodotte dalla combustione degli apparecchi a biomasse legnose sono formate principalmente da:

- monossido di carbonio (CO)
- composti organici volatili (COV, C_nH_m)
- polveri totali
- polveri sottili
- ossidi di azoto (NO_x)

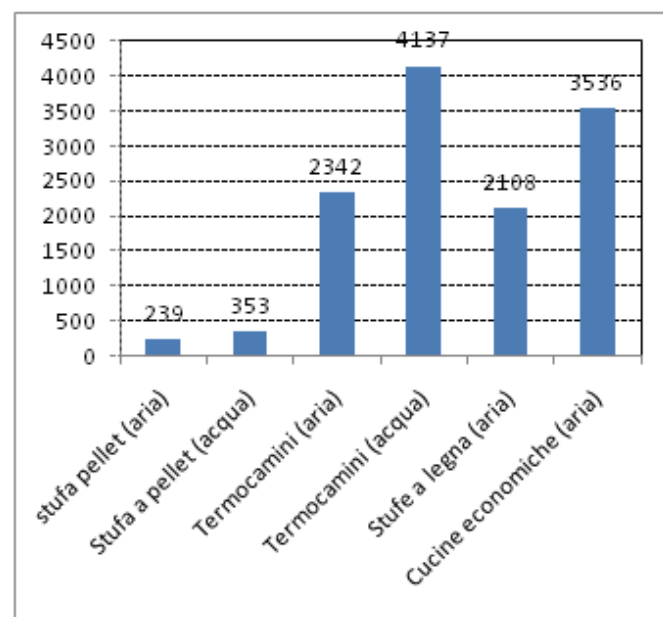


Figura 2. Emissioni di CO a potenza nominale di apparecchi domestici a legna e pellet (dati da [7]).

In tempi recenti, uno studio della Task 32 dell'Istituto internazionale dell'energia ha acquisito i valori di emissione di particolato sia degli apparecchi domestici che delle caldaie

centralizzate, rilevati da 17 istituti di ricerca in 7 paesi europei, Svizzera, Austria, Germania, Danimarca, Norvegia, Svezia e Olanda (Fig. 3)[17].

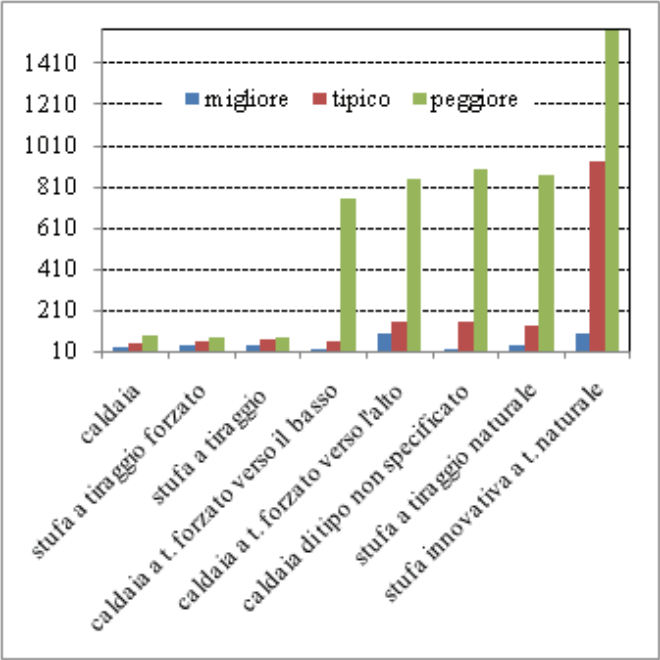


Figura 3. Fattore di emissione di particolato [mg/MJ] di alcuni apparecchi termici (dati da [17]).

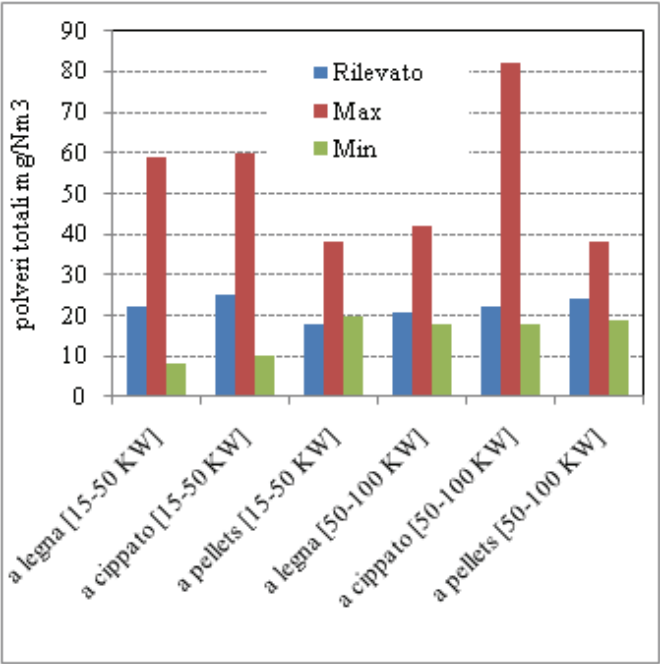


Figura 4: Fattore di emissione di polveri per diversi tipi di caldaia (dati da [19]).

I dati sui camini aperti sono poi molto rari, infatti per questi apparecchi si stima dai rilevati scientifici svolti un fattore di emissione medio di circa 375 mg/Nm³. Nei camini ad inserto chiuso (EN 13229:2006)[18] il risultato medio varia tra 70 e 125 mg/Nm³. Nel caso di apparecchi a pellet e caldaie a legna con tiraggio forzato, se si utilizzano pellet di qualità attestata e legna vergine con contenuto di umidità minore del 20%, l'emissione di particolato è relativamente bassa, circa pari a 30 mg/MJ (45 mg/Nm³). Nei modelli più recenti di caldaie a pellet a condensazione, i valori rilevati sono stati anche di 10 mg/MJ. Le stufe a legna hanno tipicamente

emissione di particolato attorno a 150 mg/MJ (225 mg/Nm³), un valore relativamente elevato e essenzialmente dovuto alle modalità manuali di carica e all'utilizzo frequente di legna con dimensioni e contenuto di umidità non ottimali. Per stufe a legna certificate con marchio di qualità, il livello di polveri può essere di 50 mg/Nm³, mentre per stufe a legna semplici (non certificate) in condizioni di funzionamento non ottimale si possono raggiungere anche 5000 mg/Nm³ di polveri. Per quanto riguarda le moderne caldaie a cippato di piccola e media potenza (fino a circa 500 kW_t), l'emissione di particolato varia tra 50 e 100 mg/MJ, ma la gestione gioca un ruolo decisivo.

Nel decennio 1996-2005 l'istituto TFZ di Strambing di Baviera (Germania) ha invece compiuto prove mirate alla determinazione delle polveri prodotte da caldaie a legna, cippato e pellet di diversa potenza (Fig. 4) [19]. L'Istituto BLT di Wieselburg (Austria) ha invece effettuato nel periodo 1999-2004 169 prove di combustione per caldaie di piccola-media potenza, ottenendo o dati inseriti in Tab. 3[20].

Tabella 3.
Emissioni inquinanti delle piccole caldaie espresse in mg/Nm³ [4].

	NO _x	COV	CO	Polveri
Caldaia a legna	131	5	100	22
Caldaia a cippato	155	<2	28	28
Caldaia a pellets	125	<2	48	17

Per impianti di grande potenza, si può intervenire sul fattore di emissione attraverso un opportuno sistema di filtraggio fumi. Installando un filtro elettrostatico o un filtro a maniche a valle di un filtro multiciclone, si riesce a garantire livelli di emissioni di particolato anche inferiori a 20 mg/Nm³. Si noti che i sistemi a gravità (ciclone e multiciclone) da soli hanno un effetto molto limitato nella separazione del particolato, perciò è necessario ricorrere a valle ai costosi filtri a maniche o agli elettrofiltri. I limiti stringenti imposti da molti stati mitteleuropei (Germania, Svizzera, Austria ecc.) hanno altresì stimolato la ricerca tecnologica e l'implementazione di nuovi filtri elettrostatici o a manica che, applicati a impianti di potenza termica inferiore a 1 MW_t, consentono di mantenere il livello di emissione di polveri rispettivamente sotto i 20 e i 5 mg/Nm³.

Recentemente, si assiste alla realizzazione di vere e proprie centrali a combustione di biomasse legnose per generazione elettrica o anche per cogenerazione. Tali centrali, solitamente costituite da turbogeneratori a ciclo ORC (Organic Rankine Cycle), permettono di valorizzare energeticamente il combustibile e, in virtù dell'adeguata taglia dell'impianto, anche di attuare tutte le misure di tutela ambientale necessarie, specialmente quelle inerenti l'abbattimento delle polveri. La combustione di cippato legnoso e segatura viene generalmente realizzata in un forno a griglia mobile e il recupero termico del contenuto entalpico dei fumi di combustione avviene con una caldaia con scambiatori a olio diatermico. L'olio, portato ad una temperatura di 310°C, viene poi apportato ad un apparato a ciclo Rankine con fluido operatore organico per ottenere la vaporizzazione del fluido stesso. Associata alla produzione elettrica vi può essere anche la valorizzazione dei reflui termici attraverso una rete di teleriscaldamento a servizio di edifici limitrofi, quartieri o piccole comunità.

In conseguenza delle prescrizioni normative vigenti a livello nazionale sulla tutela ambientale, gli impianti di generazione del tipo sopra citato devono essere

obbligatoriamente dotati di sistemi di controllo delle emissioni inquinanti, che, sulla base di analisi e studi documentati in letteratura, sono quantificate in Tab. 4[21].

Tabella 4.
Emissioni inquinanti dei sistemi generativi
a combustione di biomasse [21].

	Concentrazione media al camino	Limiti D.Lgs. 152/2006	Note
Polveri	3-7 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	Diametro medio 1-10
CO	100 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	Dipende dall'eccesso d'aria
NO _x	150-170 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³	
SO _x	-	200 mg/Nm ³	0.02% in peso nel legno vergine
COT	15 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	

SISTEMI A BIOMASSA NELLA PIANURA PADANA

La Pianura Padana è da sempre nota per essere uno dei luoghi più inquinati d'Europa dal punto di vista atmosferico (Fig. 5)[22]. La sua posizione orografica rende pressoché impossibile ai venti il ricambio profondo dell'aria, trattandosi di una grande valle circondata da monti con altezze relativamente elevate e con un unico sbocco su un mare peraltro poco profondo. In questo territorio è inoltre insediata la gran parte di attività produttive e della popolazione d'Italia con conseguenti emissioni di inquinanti e di gas climalteranti. La domanda energetica è molto elevata e, oggi, è soddisfatta principalmente da fonti tradizionali di tipo fossile, anche se si sta assistendo ad una inversione di tendenza attraverso l'uso di fonti rinnovabili ed assimilate.



Figura 5. Immagine satellitare della concentrazione di polveri in atmosfera [22].

Le varie regioni della Pianura Padana, tra cui l'Emilia Romagna, hanno avviato varie iniziative di incentivazione all'installazione di impianti a fonti rinnovabili e assimilate a servizio dei settori agricoli ed industriali, anche in conseguenza dei piani di finanziamento europei denominati POR-FESR 2009-2013. Tuttavia, l'installazione su larga scala di stufe e caldaie a biomassa, ovvero di impianti di superiore dimensione e potenza, pone nella Pianura Padana alcuni problemi fondamentali, che vanno analizzati approfonditamente:

1. il reperimento della biomassa legnosa;
2. le emissioni inquinanti in atmosfera;

3. le misure compensative da adottare per la mitigazione dell'impatto ambientale degli impianti di combustione.

Il primo problema, il reperimento della biomassa, è legato alla disponibilità di legno vergine in un intorno tale da richiedere oneri di trasporto non troppo elevati, un aspetto per il quale costituisce un buon indicatore il concetto di filiera corta di approvvigionamento (70 km). A tale problema è collegata la questione della selvicoltura sostenibile e della ripiantumazione dei boschi, una pratica in Italia non molto diffusa ma che vede, in alcune parti della Lombardia, la sperimentazione di veri e propri 'patti per la filiera del bosco e del pellet'. Al di fuori di tali realtà, che purtroppo rappresentano una nicchia, la legna o il pellet attualmente utilizzati provengono in gran parte dal nord o dall'est Europa, cosa che rende la risorsa certamente meno sostenibile delle attese dal punto di vista della produzione di CO₂.

In merito al secondo e al terzo punto, non è al momento stabilita alcuna misura in relazione all'installazione di sistemi a biomassa legnosa di piccola potenza, poiché, secondo la normativa vigente, l'autorizzazione al loro utilizzo è equiparata a quella per un semplice intervento di manutenzione straordinaria. Si sta pertanto assistendo nei territori della Pianura Padana ad un consistente aumento del particolato e delle polveri fini nella stagione invernale dovuto all'utilizzo di stufe e caldaie a biomassa, spesso mal gestite. Proprio per tali aspetti alcuni Enti Territoriali (locali o regionali) hanno avviato studi mirati ad indagare circa la sostenibilità della combustione di biomassa, oli vegetali nei vari territori. In alcuni casi tali studi hanno portato a vietare l'uso di sistemi domestici a biomasse nei territori di pianura (Regione Lombardia), in altri casi ad attivare un sistema di pianificazione energetica delle rinnovabili associati ai Piani Energetici al fine di limitare o controllare le installazioni limitandole alle aree "ambientalmente compatibili". In generale si assiste comunque al tentativo di "mitigare" in senso ampio del termine, ma specialmente dal punto di vista delle particelle inquinanti emesse i sistemi di combustione attraverso la creazione di ampie zone a verde di coronamento, il potenziamento delle taglie energetiche delle macchine al fine di poter installare e prevedere maggiori sistemi di controllo ed abbattimento degli inquinanti aumentandone il rendimento energetico.

CASO DI STUDIO: UN IMPIANTO A BIOMASSA LEGNOSA A SERVIZIO DI UN'AREA PRODUTTIVA

Il Comune di Reggio Emilia ha partecipato nel 2008 ad un bando regionale relativo alla riqualificazione energetica ed ambientale delle aree produttive con la trasformazione delle stesse in aree produttive ecologicamente attrezzate (APEA).

Un progetto proposto ha riguardato l'agglomerato industriale di Mancasale, area con un tessuto produttivo consolidato e ridotte possibilità di futura espansione. In particolare, si è studiata la riqualificazione energetica dell'area attraverso la creazione di una centrale di teleriscaldamento a biomassa legnosa in assetto cogenerativo con circa 1 MW di potenza elettrica e circa 3 MW di potenza termica, capace di ridurre notevolmente il fabbisogno del sito rispetto alle tradizionali fonti energetiche fossili. Si è a tal scopo selezionato un impianto con turbogeneratore a ciclo ORC, alimentato da legno vergine opportunamente seccato e cippato.

La scelta dell'utilizzo di biomasse legnose è apparsa la migliore in quanto, per la realtà locale, essa consente:

- lo smaltimento del materiale legnoso di scarto delle aziende agricole;
- la valorizzazione del patrimonio boschivo provinciale, attualmente in abbandono e profondamente intaccato da funghi e batteri, con particolare riferimento alla preservazione e alla tutela delle foreste della collina e dei boschi urbani di Reggio e comuni limitrofi;
- la creazione di una vera e propria filiera della biomassa, in grado di apportare nuova occupazione specialmente nei territori montani, economicamente depressi.

Dal punto di vista ambientale, un vantaggio derivante dallo sfruttamento delle biomasse legnose è dato dal fatto che è possibile intervenire sul territorio con opportune opere di riforestazione, finalizzate al recupero e alla valorizzazione di terreni di secondaria importanza, terreni dismessi e aree a verde pubblico non utilizzate; onde destinarli alla produzione di biomassa. Le coltivazioni dedicabili alla produzione energetica possono altresì rappresentare filtri naturali per la riduzione dell'inquinamento.

I dati salienti circa la centrale di generazione sono riassunti in Tabb. 5-8.

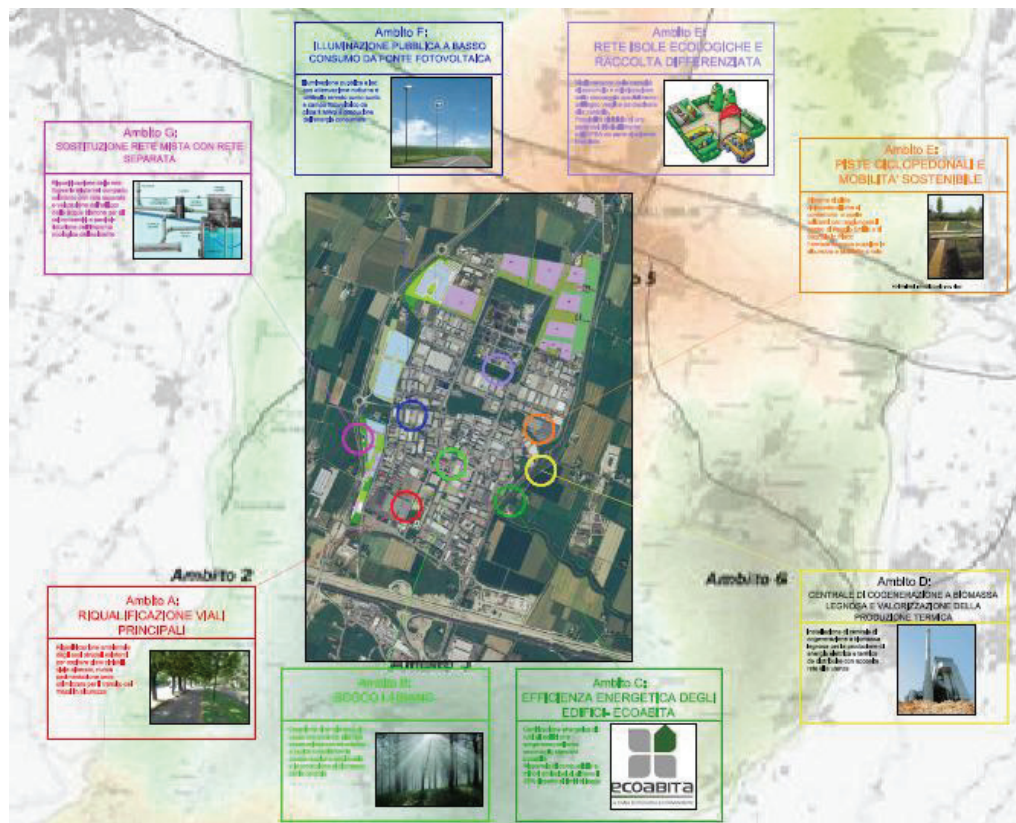


Figura 6. Localizzazione dell'area di Mancasale e azioni per la tutela ambientale e l'efficienza energetica.

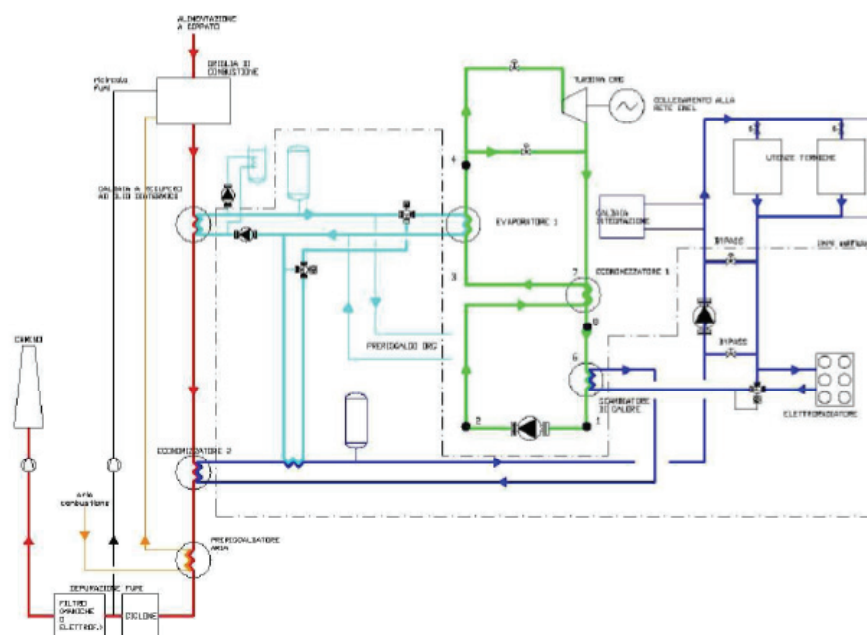


Figura 7. Schema del cogeneratore e del ciclo ORC per la centrale termoelettrica di Mancasale.

Tabella 5.
Dati salienti della centrale termoelettrica
a biomassa di Mancasale.

Energia elettrica prodotta	0.99 MW _e	Utilizzo per la centrale e immissione delle eccedenze nella rete ENEL
Energia termica recuperata	2.89 MW _t	Utilizzata per l'essiccamento del legname da cippare e per la rete di teleriscaldamento

Tabella 6.
Simulazione rendimenti in funzione dei potenziali carichi.

	CASO 1	CASO 2
	Teleriscaldamento per utenze civili	Cogenerazione per utenze industriale a ciclo continuo
Temperatura di estrazione calore	102°C	188°C
Potenza termica utilizzabile	2.89 MW	1.00 MW
Rendimento elettrico netto	19.5%	23.7%
Rendimento complessivo teorico	89.0%	44.3%
Rendimento complessivo effettivo	43.0%	44.3%
Rendimento exergetico	35.9%	31.7%
Rendimento exergetico complessivo	25.3%	31.7%

Tabella 7.
Simulazione rendimenti in funzione dei potenziali carichi.

Portata di biomassa al 50% di umidità	4t/h
Potenza termica di caldaia	4.80 MW
Portata aria di combustione	101'350 t/h (78.700 Nm ³ /h)
Portata dei fumi al camino	119'500 t/h (91'950 Nm ³ /h)
Temperatura fumi al camino	130°C
Energia annua lorda prodotta	8 GWh
Ore di funzionamento	8.000 h/anno

Tabella 8.
Emissioni complessive attese al camino.

Inquinante	Emissioni
CO	9.195 kg/anno
Polveri	6.44 kg/anno
NO _x	15.63 kg/anno
COT	0.9195 kg/anno

Il progetto è stato integrato da studi ambientali circa la dispersione degli inquinanti in atmosfera e alcune fondamentali misure compensative da adottare, in particolare la creazione di un bosco urbano capace non solo di generare biomassa legnosa ma anche, in conformità al Piano tutela qualità dell'aria della Provincia di Reggio Emilia, di compensare le emissioni al camino.

Relativamente alla dispersione degli inquinanti, un modello completo sarebbe molto complesso, essendo l'area inserita in

un contesto insediativo e infrastrutturale molto inquinato (autostrada, TAV, aziende chimiche e metalmeccaniche). Si è quindi considerato il camino della centrale come una sorgente isolata. Il modello sviluppato, ancora in corso di affinamento, è di tipo autoregressivo ciclostazionario (ARCS) con ciclo sulle 48 mezz'ore. Per metterlo a punto, sono stati analizzati gli andamenti dei valori medi dei parametri ambientali durante i semestri freddi.

Le analisi svolte hanno permesso di stabilire che nell'area la dispersione è ridotta al raggio di 2/3 km e che l'impatto della centrale è modesto. Di conseguenza, si è prevista la realizzazione di un bosco urbano a cuscinetto attorno all'area produttiva e alla centrale ad essa asservita, composto sia da essenze arboree per la silvicoltura (pioppo a rapida crescita), sia da essenze arboree più pregiate per la realizzazione di un parco attrezzato. Per poter produrre localmente una parte della biomassa che verrà utilizzata oltre che per filtrare le polveri emesse in aria, si è previsto di predisporre un bosco urbano in pioppi e querce di circa 10 ettari, su terreno nella disponibilità dell'ente organizzato in filari per permettere anche la facile gestione del taglio e della manutenzione meccanica.

CONCLUSIONI

Gli impianti alimentati con biomasse legnose, anche se rappresentano sistemi di valorizzazione delle agroenergie e quindi da ritenersi a fonte rinnovabile, possono avere un notevole impatto ambientale in termini di inquinamento da polveri e particolato.

Nella Pianura Padana ed in tutti i luoghi ove tali impianti possono essere installati, se ne deve valutare preventivamente l'impatto ambientale e si devono eventualmente prevedere e mettere in opera misure ambientali di tipo compensativo. Inoltre, la sostenibilità ambientale degli interventi richiede che l'approvvigionamento della biomassa avvenga il più possibile in loco e con metodologie di produzione sostenibili. È quindi auspicabile che le autorità competenti elaborino norme e regolamenti specifici, che consentano ed incentivino lo sfruttamento delle biomasse legnose solo ove si attuino misure tali da assicurarne la piena compatibilità ambientale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente del 6 Agosto 2010 "Incentivazione della produzione dell'energia elettrica mediante conversione da fonte fotovoltaica"; *Gazzetta Ufficiale n° 197 del 24 Agosto 2010*, testo in Italiano.
- [2] Legge n° 99 del 23 Luglio 2009 "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia"; *Gazzetta Ufficiale n° 176 del 31 luglio 2009*, testo in italiano
- [3] Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 19 Febbraio 2007 "Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'art. 1, comma 349 della legge 27 dicembre 2006, n. 296."; *Gazzetta Ufficiale n°47 del 26 febbraio 2007*; Testo in Italiano
- [4] Ministero dello sviluppo Economico " Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili dell'Italia" 30 Giugno 2010; www.governo.it
- [5] Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso

- dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE, versione italiana, *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, n. L140/16, del 05/06/2009.
- [6] Decreto Ministero dello Sviluppo Economico del 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili."; *Gazzetta Ufficiale Italiana*, n. 219 del 18/09/2010
- [7] Giust A., "Fotografia della situazione normativa europea ed italiana e risultati reali delle prove eseguite su alcuni prodotti da IMQ Primacontrol". Atti dell'incontro tecnico organizzato da Progetto Fuoro. www.progettofuoco.it ; 2009
- [8] Direttiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sul rendimento energetico nell'edilizia, versione italiana, *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, n. L153, del 18/06/2010.
- [9] Decreto Legislativo ° 28 del 3 marzo 2011 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE", *Gazzetta Ufficiale Italiana* n° 71 del 28/03/2011
- [10] D.Lgs. n. 192 del 19/08/2005 – Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n. 222, Suppl. Ordinario n. 158, del 23/09/2005.
- [11] Ministero dello Sviluppo Economico, D.M. 11/03/2008 – Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a), della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296, *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n. 66 del 18/03/2008.
- [12] UNI/TS 11300-2:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, Maggio 2008.
- [13] UNI EN 303-5:2004 – Caldaie per riscaldamento – Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW – Parte 5: Terminologia, requisiti, prove e marcatura, Ottobre 2004.
- [14] Decreto Legislativo n. 152 del 03 Aprile 2006 "Norme in materia Ambientale", *Gazzetta Ufficiale Italiana*, n. 88 del 14/04/2006
- [15] UNI EN 15250:2007 - Apparecchi a lento rilascio di calore alimentati a combustibili solidi - Requisiti e metodi di prova, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, Novembre 2007
- [16] UNI EN 14785:2006 - Apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati con pellet di legno - Requisiti e metodi di prova, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, Ottobre 2006
- [17] Nussbaumer T., Czasch C., Klippel N., Johansson L., Tullin C., "Particulate emission from biomass combustion in IEA Countries, survey on measurements and emission factors" on Behalf of IEA Task 32 and Swiss Federal Office of Energy (SFOE), ISBN 3-902705-18-5 ; 2008
- [18] EC 1-2009 UNI EN 13229:2006 - Inserti e caminetti aperti alimentati a combustibile solido - Requisiti e metodi di prova, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, Agosto 2008
- [19] Hartmann H. "Handbuch Bioenergie- Kleinanlagen 2007" Sonderpublikation des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow (DE), ISBN 3-00-011041-0, Mai 2007
- [20] Schwarz M., "Argumentationsleitfaden Feinstaub" Austrian Bio Energy Centre, www.abc-energy.at; 2006
- [21] Francescato V. "Combustione del legno e polveri sottili, fattore di emissione ed effetti sulla salute delle moderne caldaie di piccolo e media taglia" Sherwood n. 133, 2007
- [22] <http://envisat.esa.int/earth/www/area/index.cfm?fareaid=6>

THERMAL BEHAVIOR OF SUNSPACES OBTAINED BY CONVERSION OF EXISTING BALCONIES

Alex Lambruschi*, Alberto Muscio°

*Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, address A

°Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Civile, Università di Modena e Reggio Emilia B

ABSTRACT

The evolution of technology, global warming induced by greenhouse gases and the economic crisis have prompted public administrators, professionals in the construction industry and even individuals to implement actions aimed at saving energy, in terms of either reducing the energy demand of buildings or increasing the use of renewable sources.

In order to limit the energy needs for winter heating, attention at the legislative level has recently focused on the reduction of heat loss and a more efficient use of solar gains. The latter approach can be pursued not only by means of active solar systems, but also through passive systems such as attached solar sunspaces, which essentially reduce the temperature gradient and the heat loss through the outer walls.

In this work, the performance of sunspaces applied to common architectural elements of Italian buildings such as small balconies is theoretically investigated on the basis of standard procedures for assessment of energy performance, in order to highlight their potential when applied to the energy refurbishment of existing buildings.

INTRODUCTION

Obtaining the best compromise between thermal comfort and energy needs is an objective that has been more or less consciously pursued by thousands of years, since buildings began to be designed to provide shelter and climate suitable to the human life in different seasons. In this perspective, the direct combustion of fuels readily available on site has historically accompanied the use of indirect solar heat as an energy source, albeit with different methods and incidence in function of local climate, local architectural types and available technologies.

With the advent of industrialization, the search for a compromise came in part to fail as the availability of new materials, mass production of components for heating system, and combustion of fossil fuels with high energy content allowed the building sector to propose many different architectural models, generally meeting the criteria of containment of buildings costs and land use rather than achieving an efficient use of solar energy.

More recently, as a result of depletion and increasing cost of fossil fuels, adequate attention was eventually paid to the containment of energy needs of buildings in Italy, in the European Union and in all most advanced countries of the world. Thermal insulation thus started to be applied systematically to the outer walls, in order to reduce heat losses. However, the thermal insulation of buildings having heavy and elaborate masonry structures like those typical of Italy almost automatically results into the so-called thermal bridges, *i.e.* structural elements disrupting the continuity of the insulation layer such as the floors of balconies. Surface condensation and mold, as well as thermal losses than can undermine substantially the effectiveness of insulation, are very common effects of the presence of thermal bridges.

The European directive 2002/91/EC [1] and the rules that were consequently promulgated all over Europe have imposed to take into account, within the total energy needs of buildings, either the active and passive solar gains or the heat

loss caused by thermal bridges. The Italian implementation of directive 2002/91/EC, which took place with the Legislative Decrees no. 192/2005 [2] and no. 311/2006 [3], did not put any special emphasis on the use of passive solar systems such as attached sunspaces, greenhouses and Trombe walls, whereas very demanding requirements were imposed with regard to the use of primary energy needs and the risk of surface condensation. As a result, thermal bridges must be properly fixed in order to comply with regulatory requirements. On the other hand, with the very recent directive 2010/31/UE [4], which rewrote directive 2002/91/EC, the introduction of the concept of 'nearly zero energy building' (art. 9) and the contents of the technical guidance on the determination of total energy needs (Appendix 1 to the Directive) seem to make necessary the exploitation of solar gains.

PASSIVE SOLAR SYSTEMS

Systems for collection and conversion of solar radiation into heat, as well as for storage and transfer of that heat into the built environment, are commonly known and designated as 'passive' systems if their technological issues are solved contextually with all other design aspects. The term 'bioclimatic building' is also used when an effective mediation between climate and human biological needs is pursued through the proper choice of orientation, shape and materials (see, among many, Olgyay [6]).

Passive systems are based on a combination of technological solutions for:

- absorption of solar energy in the form of thermal energy;
- storage of thermal energy;
- transmission of heat to the built environment.

The common denominator of the various passive systems is that solar energy is absorbed thanks to the greenhouse effect produced by selective properties of glass or other transparent material. These are crossed by solar radiation but are an obstacle to the transmission of heat outwards.

A classification of the American Institute of Architecture [7] lists three basic types of passive system:

- a) direct gain systems (heat is stored by the internal elements of the building, which are directly irradiated through properly oriented windows);
- b) indirect gain systems (heat is stored by the elements that surround the building, *e.g.* massive walls, Trombe wall, roof ponds);
- c) isolated gain systems (the heat is stored by elements outside the building, *e.g.* greenhouses).

A bioclimatic sunspace falling into one of the three above mentioned categories affects the micro-climate to an extent that depends on several variables:

- external air temperature;
- intensity and direction of solar radiation;
- the presence or absence of wind;
- the temperature of the living space attached to the sunspace.

To describe the behavior of the sunspace, day operation and night operation must be distinguished and assessed under both winter and summer conditions.

Daytime winter operation

It is characterized by the need of maximizing solar gains and it is influenced by the characteristics of solar radiation, the presence of external obstacles, the factor of transparency of the sky.

The maximum benefits are achieved in the presence of direct sunlight, but when the external temperature is very low and the thermal insulation of the building is inadequate, an attached sunspace can provide a positive contribution even with cloudy sky and diffuse radiation.

In this paper, direct gain passive systems based on attached sunspaces are not taken into consideration as they are difficult to implement in Mediterranean climates and in the traditional Italian architecture. Therefore, the focus is mainly on passive systems, in which heat transfer takes place by convection when there is a positive temperature difference between the air in the sunspace and the built environment. Convective heat transfer can be promoted by openings in the windows and doors separating the sunspace from the living areas, either manually or through forced ventilation.

Radiative heat transfer, which have a less precise control, occurs when a massive wall is interposed between the sunspace and the built environment, so that it absorbs solar radiation and then transfers it to the interior in the form of infrared radiation. In this case the wall encloses the function of heat accumulator because of its high heat capacity, and that of heat diffuser. The transmission of heat through the wall depends on the thermal conductivity of its materials, their heat capacity and the temperature difference between sunspace and living spaces.

Night time winter operation

The night set-up in winter months can be characterized quite simply in terms of minimizing heat loss from the sunspace to the outside, which is mainly due to heat transfer through the transparent elements of the sunspace envelope. The heat losses that occur from the heated spaces tend to increase as the sunspace temperature decreases. The cooling rate of the sunspace depends on the insulating properties and the air tightness of its envelope.

Convective heat transfer can be stopped thanks to the separation between sunspace and temperature-controlled environments. Instead, sunspaces based on radiative heat transfer provide a better performance in terms of comfort as the temperature perceived internally is higher, but they presents greater problems of heat flow control. In the absence of solar radiation, the storage element consisting of the dividing wall between sunspace and built environment reverses the heat flow and emits energy towards the sunspace and the external environment.

Daytime summer operation

Even if a sunspaces is installed in mountain resorts with summer climate milder than that of the Mediterranean basin, one must always pay close attention to solar radiation, especially the directed one, verifying that this does not cross the glass surfaces of the sunspace and irradiates the thermal mass, causing a marked greenhouse effect that can extends its negative influence even over night.

The sunspace may act as a solar chimney, being equipped with calibrated apertures in the top and bottom of the external windows. This would allow, during the hottest hours, a motion of rising air which tends to create a vacuum inside the greenhouse. This depression can be used to draw air from the living areas and expel it through the top of the greenhouse.

Night time summer operation

The maximum amount of heat stored by the thermal mass must be discharge to the outside, exploiting mechanisms of radiative and convective heat transfe

DESIGN OF A SUNSPACE

The design of a sunspace should be integrated as much as possible with the design of the building and its HVAC system. In this regard, the technical standard UNI/TS 11300-1 [8], *i.e.* the Italian adaptation of UNI EN ISO 13790 [9] in support of the local implementation of Directive 2002/91/EC, does not deal directly with the energy provided by passive solar systems, but includes them in the solar gains through the formulation:

$$Q_{sol} = \left[\sum_k \phi_{sol,mn,k} \right] \times t + \left[\sum_j (1 - b_{tr,j}) \times \phi_{sol,mn,u,j} \right] \times t \quad (1)$$

The formula returns the energy Q_{sol} gained during the calculation time period t . The two summations refer, respectively, to solar gains directly entering/generated in the heated spaces and those entering/generated in adjacent unheated spaces such as an attached sunspace. Moreover, the formula includes the reduction factor $b_{tr,j}$, which allows correlating the incoming heat flow entering/generated in the j -th unheated space to that actually transmitted to the adjacent heated space. This factor, obtained from the coefficient of heat loss by of transmission and ventilation H_{iu} from the indoor heated space (subscript i) to the unheated space (subscript u), and the analogous heat loss coefficient H_{ue} , from the unheated space to the external environment (subscript e), also allows evaluating the reduction of heat loss resulting from the temperature in the sunspace being higher than that of the

external environment. More specifically, the heat loss coefficient through the unheated space H_u is calculated as follows:

$$H_u = b_{tr} \times H_{iu} = \frac{H_{ue}}{H_{ue} + H_{iu}} \times H_{iu} \quad (2)$$

The performance of an attached sunspace can be evaluated through several approaches:

- a standard method specified in Annex E of UNI EN ISO 13790 [9];
- a more simplified method also specified in Annex E of UNI EN ISO 13790 [9];
- a simplified method called 'Method 5000' [10].

The standard method of UNI EN 13790 allows calculating solar gains through the sunspace Q_{ss} as the sum of direct solar gains Q_{sd} through the partition wall and indirect solar gains Q_{si} arising from the temperature increase in the sunspace due to the absorption of solar radiation incident onto opaque surfaces and the subsequent release of heat to the sunspace by convection and infrared radiation. In turn, direct solar gains are the sum of the contributions through the transparent elements (subscript w) and the opaque elements (subscript p):

$$Q_{sd} = F_{sh,e} \times (1 - F_{F,e}) \times g_e \times I_p \times t \times \left[\times (1 - F_{F,w}) \times g_w \times A_w + \alpha_p \times A_p \times \frac{H_{p,tot}}{H_{p,e}} \right] \quad (3)$$

where

F_{sh} shading correction factor (subscripts e → sunspace envelope),

F_F frame area fraction (subscripts e → sunspace envelope, w → windows),

g effective solar energy transmittance of glazed elements (subscripts e → sunspace envelope, w → windows),

A area (subscripts e → sunspace envelope, w → windows, p → opaque elements),

α_p absorption factor of the surface of opaque elements,

I_p mean solar irradiance during the calculation step,

t duration of the calculation step,

$H_{p,tot}$ heat transfer coefficient from the internal environment to the external one, through the opaque elements and the sunspace,

$H_{p,e}$ heat transfer coefficient from the absorbing surface of the opaque elements to the external environment, through the sunspace.

Indirect solar gains are calculated by summing for the j -th irradiated surface inside the sunspace (with solar absorptance α_j) the absorption of mean solar irradiance I_j , reduced by the factor b_{tr} and eventually subtracting direct solar gains Q_{sd} through the partition wall:

$$Q_{si} = (1 - b_{tr}) \times F_{sh,e} \times (1 - F_{F,e}) \times g_e \times \left[\sum_j (\alpha_j \times A_j \times I_j) \right] \times t - F_{sh,e} \times (1 - F_{F,e}) \times g_e \times \alpha_p \times A_p \times \frac{H_{p,tot}}{H_{p,e}} \times I_p \times t \quad (4)$$

The international standard UNI EN ISO 13790 suggest to perform the calculation on a hourly basis. However, the Italian standard UNI/TS 11300-1 admits, for the winter heating period, the calculation on a monthly basis, an

approach probably acceptable in view of the massive building structures typical of Italian architecture, combined with absent or external insulation.

CASE STUDY AND CALCULATION RESULTS

Italian traditional architecture used and still uses as a model identifier balconies, terraces and loggias extending the living area towards the outside. This architectural choice, however, implies the presence of thermal bridges due to the balcony floors that are very difficult to eliminate when a thermal insulation layer is applied to the external surfaces of existing buildings. The significant impact of such thermal bridges, resulting in high heat loss even when the balcony is completely wrapped by the insulation layer, can be verified by both analytical calculations according to UNI EN ISO 14683 [11] or numerical simulation according to UNI EN ISO 10211 [12], and it also shows up markedly during any thermal diagnosis by infrared cameras. A thermal bridge with similar or even higher relevance may also show up when the insulation layer cannot be wrapped around the wall frame of the windows overlooking the balcony as the illuminating window surface would be reduced under law limits, a very usual situation for condominium buildings in urban areas.

An attached sunspace obtained by closing the volume above a balcony by means of a glazed external envelope installed all along the balcony perimeter can reduce significantly the impact of all above mentioned thermal bridges, even when external window elements with poor insulation grade are used in order to limit the mass supported by the balcony. Moreover, the introduction of the unheated space between the existing wall and the external environment may appreciably reduce winter heat losses and increase indirect solar gains, especially if the sunspace is used as a pre-heating aspiration chamber for a one-way forced ventilation system. The glazed external envelope makes also unnecessary to substitute the existing windows and to insulate the vertical wall to which the sunspace is attached and the balcony, so that an adequate balance of installation costs and savings is possible.

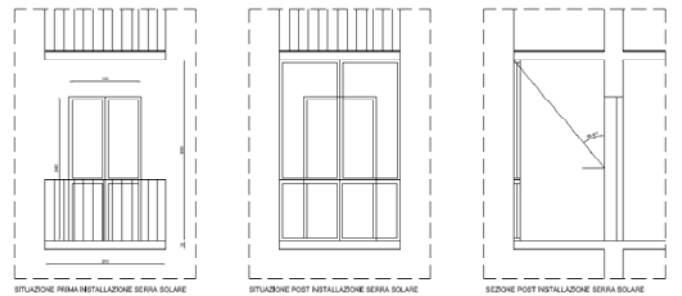


Figure 1. Sketch of the existing balcony and the sunspace.

This work analyses the energy refurbishment of an existing housing with 75 m² floor area, located in a condominium building at Reggio Emilia (Northern Italy). In particular, the construction of an attached sunspace is considered, obtained by closing a small balcony with south exposure by means of glazed elements with aluminum frame (Fig. 1). The salient features of the building and the external glazed door are summarized in Tab. 1. The solution is also compared, in terms of reduction of thermal needs, with the application of an external insulation layer, whose salient features are summarized in Tab. 2, in this case considering the two different options of insulation layer non-wrapped and

perfectly wrapped on the floor of the balcony and the frame of the glazed door. The calculations of the thermal energy needs was carried out in accordance with the technical standard UNI/TS 11300-1, using average monthly meteorological data from UNI 10349 [13].

Table 1.

Features of the existing building and the sunspace elements.

Element	Description	Energy performance
External wall, gross height 3.25 m	masonry wall with density 800 kg/m ³ , thickness 25 cm	$U_p = 1.15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (UNI/TS 11300-1 App.A)
Thermal bridge due to 2.00 m x 1.10 m balcony slab	Concrete slab, thickness 15 cm	$\psi_{pt} = 0.7 \text{ W/(m} \times \text{K)}$ (ISO 14683 B4)
Glazed door with shutter, gross size 2.40 m x 1.20 m	Single pane glass and wooden frame, non insulated shutter box	$U_{w,i} = 3.7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,c} = 6.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (UNI/TS 11300-1 App.C)
Thermal bridge due to the wall frame of the glazed door	Internal window, non insulated wall frame	$\psi_{pt} = 0.15 \text{ W/(m} \times \text{K)}$ (ISO 14683 W16)
External glazed elements of the sunspace envelope	Single pane glass and aluminum frame	$U_{w,e} = 5.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (UNI/TS 11300-1 App.C)

Table 2.

Features of the building with external insulation applied.

Element	Description	Energy performance
External wall, gross height 3.25 m	wall as above, external insulation compliant with law limits	$U_p = 0.27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (D.M. 26/01/2010)
Thermal bridge due to 2.00 m x 1.10 m balcony slab	Concrete slab as above, without [with] wrapped insulation	$\psi_{pt} = 0.95 \text{ W/(m} \times \text{K)}$ [$\psi_{pt} = 0.45 \text{ W/(m} \times \text{K)}$] (ISO 14683 B1 [IF8])
Glazed door with shutter, gross size 2.40 m x 1.20 m	Thermal insulation compliant with law limits	$U_{w,i} = 1.8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,c} = 1.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (D.M. 26/01/2010)
Thermal bridge due to the wall frame of the glazed door	Internal window, wall frame without [with] wrapped insulation	$\psi_{pt} = 0.8 \text{ W/(m} \times \text{K)}$ [$\psi_{pt} = 0.8 \text{ W/(m} \times \text{K)}$] (ISO 14683 W13 [W18])

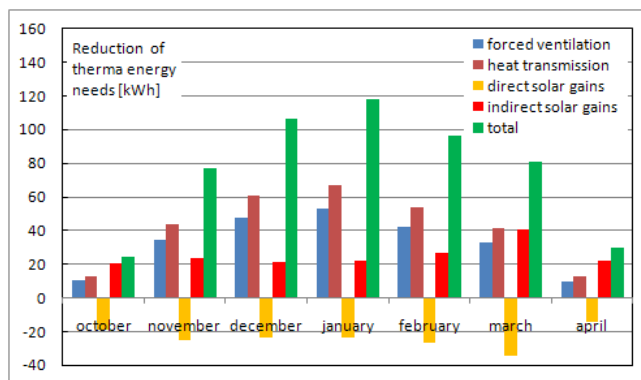


Figure 2. Attached sunspace with forced ventilation, balcony with length 2 m and south exposure: reduction of thermal energy needs.

In Fig. 2, the reductions of thermal energy needs allowed by the attached sunspace in combination with a forced ventilation system are presented on a monthly basis. The sunspace is exploited as pre-heating room for the whole mass flow rate of air to be introduced into the built environment (0.3 vol / h).

In Fig. 3, the reductions of thermal energy needs allowed by different solutions are compared. In particular, four cases

are considered: sunspace attached to the un glazed external envelope non-insulated wall and glazed door and forced ventilation system, same case with airtight sunspace envelope and negligible mass flow rate through it, sunspace absent and external insulation layer applied but not wrapped on the balcony and the wall frame of the (internal) glazed door, sunspace absent and external insulation layer perfectly wrapped on balcony and wall frame. In the first two cases, the original (non insulated) glazed door and shutter box are left in place, whereas in the latter two cases the substitution of the glazed door and the shutter box is considered, assuming values of thermal transmittance compliant with current requirements.

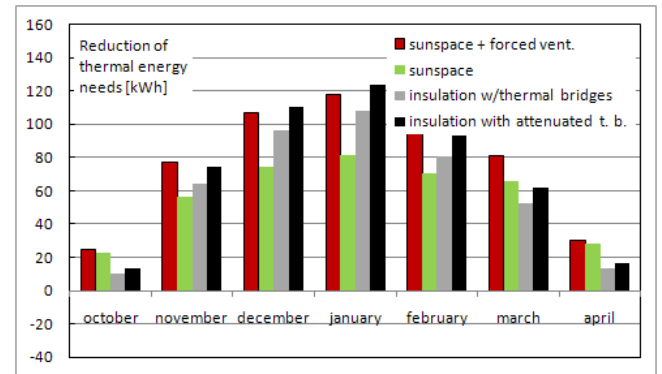


Figure 3. Comparison of solutions, balcony with length 2 m and south exposure: reduction of thermal energy needs.

The results in Figs. 2-3 show that the adoption of a one-way forced ventilation system allowing the inlet air to pass totally through the sunspace, which is scarcely invasive and with relatively low cost, is crucial to maximize the performance a attached sunspace. With a small sunspace like the one under investigation, the reduction in direct solar gains through the glazed door due to the presence of the sunspace envelope is balanced by the increase of indirect solar gains. Nevertheless, it must be borne in mind that in the case study, as well as in most cases of design and certification of energy performance, the gain of direct solar energy does not take into account the screening effect of the shutters, which can result in reductions of 80% or more of the used solar gains. Therefore, the presented results are supposed to be conservative.

Generally speaking, the comparison in Fig. 3 shows that the shielding effect provided by closing a balcony with an attached sunspace provides better results than the application of an external insulation layer that does not include the correction of thermal bridges, as well as results comparable to those allowed by an external insulation layer with correction of thermal bridges. The latter, however, presents issues related to the reduction of the lighting window surfaces (not considered here in the calculation), as well as visual impact and durability of the insulation wrapping above and below the balcony. The performance is reduced in case of exposure to north (see Fig. 4), but the approach can still be considered competitive if compared to an external insulation layer without correction of thermal bridges.

The benefit coming from the adoption of an attached sunspace increases with the size of the sunspace itself, e.g. with the length of the balcony (see Fig. 5) as the proportion between opaque and transparent surfaces generally is augmented and, therefore, the increase of indirect solar gains exceeds the loss of direct ones. In this case, however, the

analysis should include a careful evaluation of investment costs as an enlarged sunspace envelope could not find an adequate economical compensation in energy savings. Moreover, recovered solar gains in the warmer months may exceed the overall needs of thermal energy and, therefore, be partially lost.

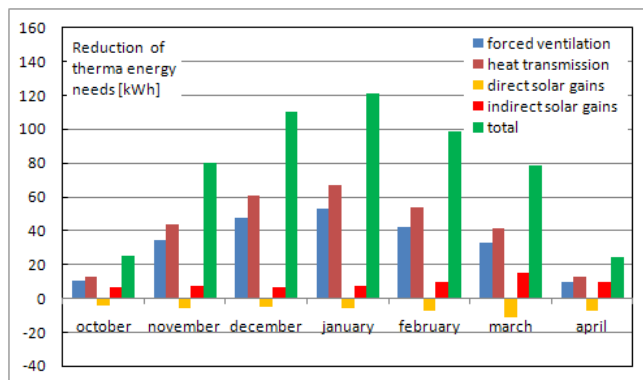


Figure 4. Attached sunspace with forced ventilation, balcony with length 2 m and north exposure: reduction of thermal energy needs.

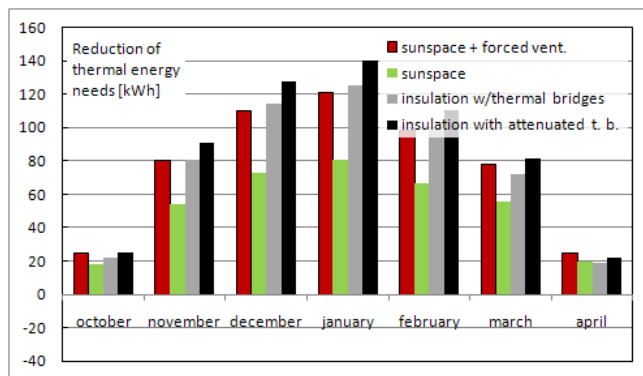


Figure 5. Comparison of solutions, balcony with length 5 m and south exposure: reduction of thermal energy needs.

All assessments carried out here have been provided on the basis of a solar absorptance of external wall surface and balcony floor equal to 0.6, which corresponds, according to reference technical standards, to an 'intermediate' color palette (yellow, orange, terracotta, etc.). 'Dark' surfaces can lead to even higher solar absorptance values, thus allowing a significant increase of indirect solar gains. During the summer, however, it is necessary to shield thoroughly the glazed windows of the sunspace and/or the wall and balcony surfaces, not only from direct but also from diffuse solar radiation, in order to avoid overheating.

CONCLUSIVE REMARKS

The adoption of attached sunspaces applied to small balconies, in partial or total replacement of an external insulation layer, can provide very interesting advantages in terms of energy effectiveness and durability of the solution, especially when the floor of the balcony and the window frame looking towards the balconies do not allow for the correction of thermal bridges. The benefits may be amplified by contextual adoption of a one-way forced ventilation system, which is in general advisable in order to limit the risk of surface condensation whenever old window elements are replaced and, therefore, air infiltration is drastically reduced.

The approach considered here seems to offer very attractive potential in the energy refurbishment of some common architectural types of Italy, especially in view of the objective of almost zero energy buildings required by the new directive 2010/31/UE. However, an accurate design is desirable, taking into account all relevant energy parameters and individuating the most appropriate materials and colors as well as any structural or aesthetic issue that may arise. At the legislative level it would also be desirable that the constraints that are often imposed by building codes and make impossible or prohibitively expensive to install attached sunspaces are removed and, possibly, specific incentives are introduced.

REFERENCES

- [1] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal L001, 04/01/2003, pp. 65-71.
- [2] D.Lgs. n. 192 del 19/08/2005 – Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 222, Suppl. Ordinario n. 158, del 23/09/2005.
- [3] D.Lgs. n. 311 del 29/12/2006 – Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 26, Suppl. Ordinario n. 26/L, del 01/02/2007.
- [4] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of building, Official Journal L153, 18/06/2010, pp. 13-35.
- [5] Ministero dello sviluppo economico, Bilancio energetico Nazionale 2009, dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/ben/ben_2009.pdf.
- [6] V. Olgyay, Progettare con il clima, Muzzio, Padova, 1981.
- [7] U.S. Department of Energy, Passive solar design, [searchNav\(/akr/Resources/PDFS/AIAP037670?dvid=&recspec=AIAP037670\); 2000](http://searchNav(/akr/Resources/PDFS/AIAP037670?dvid=&recspec=AIAP037670); 2000).
- [8] UNI/TS 11300-1:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale (in Italian), 2008.
- [9] UNI EN ISO 13790:2008 – Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space cooling, 2008.
- [10] Ministère urbanisme logement, Methodology developed in 1982 as part of research related to the competition '5000 Maisons Solaires'.
- [11] UNI EN ISO 14683:2008 – Thermal bridges in building constructions – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values, 2008.
- [12] UNI EN ISO 10211:2008 – Thermal bridges in building constructions – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations, 2008.
- [13] UNI 10349:1994 – Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici (in Italian), 1994

I materiali per l'edilizia: analisi energetica del ciclo di vita

Risparmio ed efficienza energetica nella costruzione

Ing. Alex Lambruschi, libero professionista, dottorando di tecnologie chimiche ed energetiche UNIUD- UNIFE e delegato ANAB di Reggio Emilia.

SOMMARIO

La determinazione dei fabbisogni energetici convenzionali degli edifici e l'attribuzione agli stessi di una classe di prestazione energetica discendono dal calcolo del fabbisogno di energia soddisfatto dalle diverse fonti energetiche utilizzate, da valutare in termini di energia primaria attraverso coefficienti di conversione specifici per ogni fonte, ma soprattutto per la gestione dell'immobile una volta esso realizzato

A livello internazionale anche a fronte dei gravi cambiamenti climatici e della costante carenza di risorse energetiche fossili, si stanno attuando azioni, studi e simulazioni per valutare il ciclo di vita energetica dell'abitazione dalla culla alla tomba.

In questo lavoro si tenta di tracciare il quadro della normativa nazionale ed europea inerente la valutazione dell'energia primaria contenuta nei materiali da costruzione, nonché di quella consumata dai trasporti degli stessi dall'azienda al cantiere edile, considerando anche gli orientamenti a livello regionale e sviluppando una analisi critica ispirata dai dettati fondamentali della Direttiva 2010/31/CE, con l'intento di formulare alcune semplici proposte di valutazione convenzionale, supportate da specifiche argomentazioni di natura tecnico-scientifica e normativa.

Allo stato attuale dello sviluppo tecnologico e culturale ogni settore umano di attività deve confrontarsi con la tematica energetica e di tutela ambientale legata ai Gas effetto serra (GHG).

Per lunghissimo tempo il nostro sviluppo è stato legato alla valorizzazione di risorse energetiche tradizionali o fossili utilizzate per la produzione sia di energia utile alle attività umane sia per realizzare gli oggetti di uso più o meno quotidiano che compongono il nostro "paesaggio" (inteso in senso ampio del termine) e i nostri luoghi di vita.

In campo edilizio gli accordi internazionali sul clima hanno portato la legislazione vigente a imporre requisiti sempre più restrittivi circa le prestazioni energetiche degli usi finali dell'involucro-impianto inteso come riduzione dei fabbisogni per la climatizzazione, acqua calda sanitaria, estivo ecc...

Analizzando questi rendimenti energetici, è possibile vedere che in maniera più o meno dettagliata e più o meno complessa si analizza la "quota energetica" legata alla gestione (più o meno ordinaria) dell'edificio stesso. Indubbiamente l'analisi temporale della vita dei nostri edifici vede il tempo prevalente coincidere con quello di gestione dell'immobile e non di certo la costruzione o la dismissione.

Può quindi risultare interessante analizzare il ciclo di vita di un edificio dal punto di vista energetico e andare a caratterizzare quali fasi siano più energivore e/o impattanti.

E' noto che la strategia evolutiva nei sistemi biologici è quasi sempre accompagnata dall'esigenza di incrementare l'input energetico. Ma mentre la natura offriva all'ambiente naturale risorse illimitate, l'ambiente edilizio, come già precedentemente affermato, specialmente nella ricerca di nuovi materiali e di nuove tecnologie, e nel tentativo dell'uomo di plagiare e dominare l'ambiente, ha offerto, per scelta umana, solo le risorse fossili.

Il punto di arrivo del processo evolutivo dell'edificio è quello di consumare meno energia (o la stessa energia) di quella prodotta da fonti prevalentemente rinnovabili; tale concetto è noto come "edificio a energia quasi zero" [a]. Inoltre le diverse altre direttive comunitarie, come ad esempio quella " Concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti" (2010/30/UE),

nonché la sempre maggiore consapevolezza della sostenibilità (termine oggi molto utilizzato, anche impropriamente, per identificare un ipotetico e non ben precisato comportamento dell'uomo nella trasformazione del territorio naturale) impongono che nel consumo energetico vada inclusa l'energia che occorre per realizzare il materiale stesso e cioè quell'energia incorporata nei materiali (energia grigia) e quella per la costruzione/cantierizzazione.

Lo step futuro potrebbe riguardare anche la stima del costo energetico di dismissione e smaltimento dei vari componenti; se così fosse si potrebbe parlare di “edificio energeticamente sostenibile” se tutta l'energia richiesta venisse fornita da sistemi rinnovabili o assimilati. In termini matematici/prestazionali si potrebbe analizzare la prestazione energetica come la somma algebrica di vari fabbisogni specifici:

[1]

Dove

= fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale (UNI TS 11300-1 e 11300-2)

= fattore di conversione dell'energia primaria per il vettore/i energetico/i utile alla climatizzazione invernale

= energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (UNI TS 11300-2)

= fattore di conversione dell'energia primaria per il vettore/i energetico/i utile alla produzione di acqua calda sanitaria

= fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva (UNI TS 11300-1 e 11300-3)

= fattore di conversione dell'energia primaria per il vettore/i energetico/i utile alla climatizzazione estiva

= fabbisogno di energia primaria per l'illuminazione e la forza motrice elettrica (UNI EN 15193)

= fattore di conversione dell'energia primaria per il vettore/i energetico/i utile all'illuminazione e forza motrice elettrica (Potrebbe essere pari a quello stabilito con apposita delibera dall'AAEG)

= fabbisogno di energia primaria per la caratterizzazione del ciclo di vita (energetico) dei materiali e componenti tecnici dell'edificio

= fattore di conversione dell'energia primaria per il vettore/i energetico/i utile alla produzione, alla cantierizzazione e dismissione dei vari materiali e componenti dell'edificio

= fabbisogno di energia primaria fornito al sistema edificio dalle risorse energetiche rinnovabili o assimilate a servizio dell'edificio stesso

= fattore di conversione dell'energia primaria per il vettore/i energetico/i fornito dal sistema rinnovabile all'edificio.

Purtroppo alla data odierna, oltre a non esistere una formulazione univoca per l'energia complessiva dell'immobile [1], non esistono norme tecniche utili a permettere una calcolazione univoca e riproducibile sia dell'energia per i materiali sia per l'illuminazione in ambienti non residenziali. Differente è invece la tematica sulla valutazione dell'intero ciclo di vita dell'immobile (LCA) ove non “entra in gioco” solamente l'energia ma anche tutti gli impatti che l'immobile ha sulla natura circostante (definibili come impatti antropici o impronta ecologica). Per tale analisi le norme tecniche e le metodologie di calcolo sono presenti e seppur con notevoli difficoltà tutte attuabili. Le ISO 14040 forniscono i principi e il quadro di riferimento per effettuare e diffondere mediante relazione gli studi LCA, stabilendo certi requisiti minimi, per l'applicazione al settore edilizio, nello specifico alla scala di edificio, si fa riferimento alle norme ISO: ISO/CD 21930. Environmental declaration of building products; ISO/CD 21931. Framework for assessment of environmental performance of buildings and constructed assets; ISO/CD 21932. Terminology; ISO/CD 21929. Sustainability indicators; ISO/AWI 15392. General Principles ISO/DIS 15686-6. Buildings and

IMMAGINE 1

Allo stato attuale, tuttavia, molte organizzazioni o enti su base volontaria hanno elaborato metodologie di calcolo per la stima e l'analisi dei consumi energetici dei materiali da costruzione; fabbisogni analizzati franco-azienda produttiva (cioè al cancello).

Si tratta di normative legate alla certificazione di qualità, sostenibilità e bioedilizia dei materiali.

La tabella a seguito individua i principali sistemi e le norme per la “certificazione di qualità” dei prodotti da costruzione all'interno del cui standard è collocata l'analisi sui consumi energetici.

Ecolabel	EDP	ANAB	Natureplus	Leed
Piastrelle dure di ceramica	Cemento	Pavimenti e rivestimenti in ceramica	Pavimenti e rivestimenti	Pavimenti e rivestimenti in ceramica
Vernici	Porizzati	Inerti espansi e premiscelati	Linoleum	Rubinetterie
Pavimenti in legno	EPS	Isolanti termici: sughero lana di legno mineralizzata fibre vegetali	Isolanti termici in: lino canapa sughero fibra di legno segale cellulosa lana di pecora	EPS e XPS
Pompe di calore	Poliuretani	Coperture in laterizio	Vetro cellulare	
	Finestre (serramento)	Laterizio porizzato	Vernici e pitture	
	Coppi e tegole	Intonaci	Laterizi porizzati	
	XPS	Rubinetterie	Colle e malte di allettamento	
	Guaine Bituminose		Pannelli in legno per rivestimenti murari	
	Canali d'aria			
	Caldaie a condensazione			
	Interruttori differenziali elettrici			

Volendo andare oltre i marchi di certificazione della sostenibilità o bioedilizia che rispetto all'intero mondo dei materiali per le costruzioni rappresenta una ridotta parte, si deve analizzare il “bilancio energetico ed ecologico” dei vari materiali. Esso si fonda sull'analisi dell'intero ciclo di vita, dal reperimento delle materie prime al processo produttivo, dai trasporti alla lavorazione, dall'utilizzo alla dismissione. L'analisi dell'energia primaria inglobata (energia grigia) è quindi la somma delle quote di energia spese per:

- Approvvigionamento delle materie prime;
- Trasporto delle materie prime al luogo di produzione;
- processo produttivo per la realizzazione del materiale;
- Trasporto del materiale e distribuzione dal luogo di produzione a quello di messa in opera;

- Cantierizzazione della tecnologia;
- Dismissione del materiale a fine vita dell'immobile.

Il calcolo quantitativo dell'energia inglobata costituisce uno degli elementi caratterizzanti l'analisi del ciclo di vita di un materiale e permette di dare una valutazione d'impatto importante.

IMMAGINE 2

Qualitativamente si può intuire che il consumo di energia è direttamente proporzionale all'impatto sull'ambiente in quanto maggiore è l'energia consumata, maggiori sono le emissioni inquinanti. Tale valutazione è però parziale poiché il valore numerico riferito all'energia non può dare un'indicazione quantitativa delle conseguenti emissioni.

La tabella a seguito riportata riporta i valori relativi al consumo di energia primaria per alcuni materiali franco cancello industria produttiva.

(File tabella)

Rispetto a questa tabella è possibile aggiungere il consumo di energia per il trasporto, ma in tal caso si devono conoscere la logistica e le caratteristiche del trasporto stesso (il mezzo, il carico, ecc...) e soprattutto stabilire ove sia il cantiere rispetto all'azienda produttrice.

Un esempio potrebbe essere fatto ipotizzando di trasportare un laterizio naturale alveolato da Bolzano a Reggio Emilia su un autoarticolato a pieno carico (36 t).

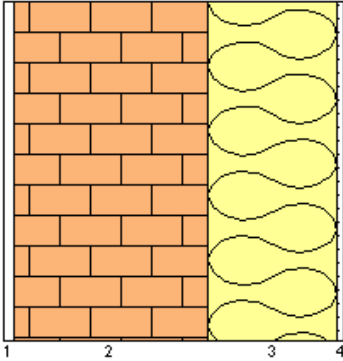
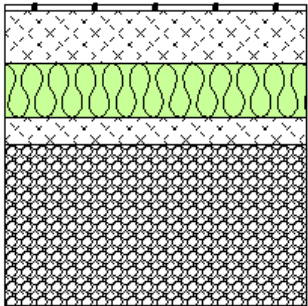
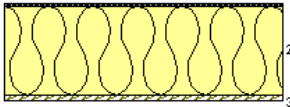
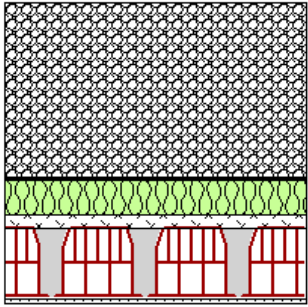
Costo energetico franco cancello azienda	1360,97	kwh/kg	48.994.920	kwh
Costo energetico trasporto a gasolio	780 Km (a)	3 l/Km	29380	Kwh (c)
Consumo totale di energia primaria per produzione e trasporto			49.024.300	kwh
Consumo per la messa in opera (d)			68.580	kwh
Consumo per la dismissione (e)			68.580	kwh
Consumo totale di energia primaria per il ciclo di vita di 36 t di laterizi porizzati			19.161.460	kwh
Incidenza del trasporto sul costo energetico franco cancello			0,06 %	
Incidenza di costruzione e dismissione sul costo energetico franco cancello			0,3 %	

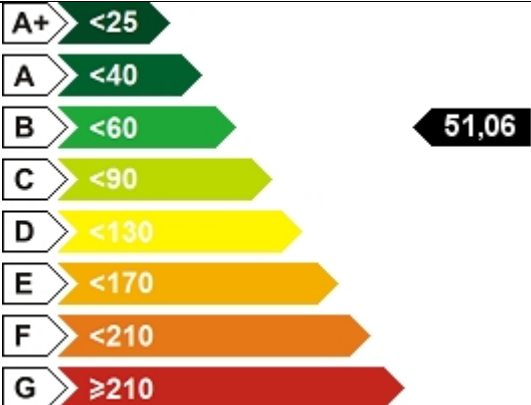
Analizzando quindi in maniera più dettagliata tali aspetti può essere ragionevole domandarsi se il "costo energetico" della realizzazione di un'opera è maggiore/minore o anche trascurabile rispetto al fabbisogno energetico di gestione che oggi tutte le normative cogenti impongono.

A seguito in maniera molto sintetica si analizza il costo energetico inglobato nei materiali e nelle tecnologie in esso afferenti per garantire il comfort e la funzionalità dello stesso di una casa unifamiliare a Reggio Emilia.

Dati tecnici

DATI DIMENSIONALI PER VALUTAZIONE ENERGETICA DI GESTIONE		
S	476,46	mq
V	617,46	mc
S/V	0,77	m ⁻¹
SU	136,07	Mq
EPi lim	84,64	KWh/mq a
EP acs lim	8,45	KWh/mq a

CARATTERISTICHE TECNICHE INVOLUCRO “TRADIZIONALE”			
Struttura portante	Edificio con telaio in CLS e tamponature in laterizio con cappotto esterno		
Murature verticali esterne	Laterizio porizzato e cappotto in XPS da 20 cm		$U = 0.147$ Kwh/mq a
Chiusure orizzontali verso terra	Pavimento su terreno con massetto, isolamento e riempimento in argilla con calcestruzzo		$U = 0.252$ Kwh/mq a
Chiusure di copertura	Copertura a falde in legno con isolante in fibra di legno da 16 cm e ventilazione sottotegola		$U = 0.276$ Kwh/mq a
	Copertura piana latero-cementizia con isolante in EPS e riempimento in terra da 50 cm		$U = 0.266$ Kwh/mq a
Chiusure trasparenti	Finestre in legno con vetro basso emissivo 4-16-4 con riempimento in argon – sistema oscurante persiane esterne		$U = 2.00$ Kwh/mq a

RISULTATI DEI CALCOLI ENERGETICI (edificio tradizionale)		
EPi	45,50	KWh/mq a
EP acs	5,56	KWh/mq a
EP tot	51,06	KWh/mq a
		
Fabbisogno energetico di energia primariatotale per 69 anni di gestione (invernale e acqua calda)	1.725.817,18	MJ

RISULTATI DEI CALCOLI ENERGIA GRIGIA		
Materiali e finestre	1.636.508	MJ
Tecnologie per la climatizzazione	130.501,6	MJ
Totale energia grigia	1.767.009	MJ [f]
Incidenza dell'energia grigia	+102%	

Da questa calcolazione seppur sommaria che necessita di maggior approfondimento non essendo possibile conteggiare precisamente tutte le tecnologie inserite nell'immobile (impianto elettrico, pannelli termici e fotovoltaici, porte interne ecc), si può comunque osservare che l'incidenza energetica dei materiali è paragonabile con la durata tecnica di vita (stimata come da norme ISO) dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria. Un altro dato molto importante riguarda il fatto che tanto maggiore risulta essere il grado di performance energetica dell'immobile (quindi classe energetica molto alta), tanto maggiore ed impattante risulta l'energia grigia inglobata nei materiali, tanto che si potrebbe supporre che per edifici quasi passivi il consumo energetico dei materiali risulta essere maggiore anche forse il doppio rispetto al costo di gestione ordinaria (standardizzata) dell'immobile stesso

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A fronte di tutto quanto esposto risulta quindi molto importante definire univocamente i fabbisogni energetici dei materiali e tecnologie per il benessere anche in ambito italiano al fine di poter valutare in maniera corretta l'indice di prestazione energetica totale (o fabbisogni energetici) per i fabbricati anche qualora essi siano alimentati da sistemi rinnovabili o assimilati. E' auspicabile pertanto, specialmente per le risorse rinnovabili, che una norma tecnica unica detti i fattori di

conversione per in funzione della filiera di produzione al fine di chiarire il comportamento delle stesse all'interno del "mercato dell'energia" e dell'efficienza energetica degli edifici. Effettivamente tali risorse rappresentano il futuro vettore energetico negli edifici, pertanto un chiarimento in merito è sicuramente auspicabile in maniera da poter analizzare e classificare energeticamente in maniera corretta tutti gli edifici e le soluzioni energetiche ad esso connesse. E' inoltre auspicabile che l'attuazione della direttiva 2010/30/UE porti alla marcatura energetica della maggior parte dei materiali da costruzione al fine di poter calcolare in maniera univoca il fabbisogno complessivo dell'energia richiesta dal fabbricato

NOTE DI FINE PAGINA

- (a) Direttiva 2010/31/UE “Prestazione energetica dell’edilizia”
- (b) Dati medi del parco veicoli industriali e dei trasporti. Si suppone di eseguire il trasporto con un autotreno di $L = 18,75$ e una portata tecnica di 36 t.
- (c) Fattore di conversione desunto da allegato A UNI EN 15603 e Ministero dell’industria Nuova Zelanda, valutazione dei GHG; SAP 2005 vers 9.81
- (d) Si suppone che l’energia spesa è quella della gru elettrica di cantiere che scarica il cassone del camion e la pone a base del cantiere di costruzione (rendimento della gru 30%-spostamento 10 m circa)
- (e) I costi energetici sono da riferire al solo smontaggio meccanico della struttura(demolizione) con apposito mezzo meccanico. Per semplicità si ipotizza lo stesso valore della “costruzione”
- (f) Nel calcolo energetico mancano tutti i sistemi energetici rinnovabili, rubinetterie, sanitari, porte interne, impianto elettrico e tutte le connessioni tecnologiche con le reti nazionali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell’edilizia, versione inglese, *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, n. L1, pp. 65-71, del 04/01/2003.
- [2] Direttiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sul rendimento energetico nell’edilizia, versione italiana, *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, n. L153, del 18/06/2010.
- [3] Direttiva 2010/30/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 concernente l’indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all’energia, mediante l’etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti, versione italiana, *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, n. L153, del 18/06/2010.
- [4] UNI EN 15603:2008 – Prestazione energetica degli edifici – Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Gennaio 2008.
- [5] UNI/TS 11300-1:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Maggio 2008.
- [6] UNI/TS 11300-2:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, Maggio 2008.
- [7] Alessandro Fassi e Laura Maina “ L’isolamento Ecoefficiente” Edizioni Ambientae- marzo 2009
- [8] <http://www.environdec.com/pageId.asp?id=105&menu=4,14,0>
- [9] <http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/>
- [10] <http://www.icea.info/Aree/CertificazioniNoFood/BioEdilizia/Standard/tabid/69/Default.aspx>
- [11] <http://www.anab.it>